



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

**PRODUÇÃO DE TIJOLOS PRENSADOS COM AGREGADOS
RECICLADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM
CUIABÁ - MT**

Benedito Ilmar de Moraes

Lajeado/RS, janeiro de 2021

Benedito Ilmar de Moraes

**PRODUÇÃO DE TIJOLOS PRENSADOS COM AGREGADOS
RECICLADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM
CUIABÁ - MT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Mestre em Ambiente e Desenvolvimento.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Miranda Ethur

Co-orientadora: Profa. Dra. Juzélia Santos da Costa

Lajeado/RS, janeiro de 2021

Dedico este trabalho à Vivianne, minha esposa, que me acompanhou, ao longo deste mestrado. A ela uma prova de que sempre á/é tempo de se entregar à pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e oportunidades de aprendizado.

Ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, pelas oportunidades de aprendizado, nas Figuras de seus professores, funcionários e estudantes.

Ao Professor Eduardo Miranda Ethur, que me aceitou como seu orientando e me oportunizou a realizar esta pós-graduação.

A Professora Juzélia Santos da Costa que me acolheu como seu Co-orientando e me abriu a visão para pesquisar este assunto.

À banca de qualificação pelas contribuições.

Aos Alunos laboratoristas, pela gentileza em me ajudar nos vários ensaios no laboratório do DACC.

Aos meus companheiros e companheiras do mestrado.

À minha família.

RESUMO

O setor da construção civil provoca grandes impactos ambientais decorrentes de suas atividades, sendo que a elevada geração de resíduos, denominados de Resíduos da Construção Civil (RCC), representa uma das principais justificativas para tal afirmação, visto estarem associadas a várias problemáticas críticas e urgentes dentro do contexto urbano. Assim, a relevância desta pesquisa se justifica pelo reaproveitamento deste material (RCC) como uma alternativa de incorporá-lo à fabricação de tijolos, com o objetivo de minimizar especialmente o caso dos resíduos da construção civil em Cuiabá (MT). Para viabilizar a produção de tijolo prensado, foram utilizados Agregados Reciclados da Construção Civil (ARCC) provenientes da empresa concessionária Eco Ambiental. A partir das informações e dados levantados, foram estudadas as legislações vigentes priorizando o tema, com ênfase nos instrumentos legais estipulados para a gestão ambiental de (RCC). Os tijolos prensados com (RCC) serão utilizados na execução de alvenarias de vedação, tendo como objetivo proporcionar um destino adequado ao (RCC), a fim de contribuir com a sustentabilidade na construção, atenuando, os problemas enfrentados pelos órgãos ambientais e sociais. Para caracterização dos materiais, foram realizados os seguintes ensaios laboratoriais, conforme as Normas Técnicas vigentes: análise granulométrica, resistência à compressão simples, absorção por capilaridade, absorção de água por imersão, reação álcali-agregado (RAA) e índice de pozolanicidade. Foi utilizado o agregado miúdo onde se escolheu a porcentagem com teor de argamassa (51%), aplicando nos traços definidos (1:7, 1:9, 1:11 e 1:20). Foram produzidos tijolos com (RCC) para serem analisados nas idades de 07, 14, 28 e 180 dias. Os resultados demonstraram que a fabricação dos tijolos com os resíduos da construção civil (RCC) e cimento Portland, foram satisfatórios, conforme os valores mínimos estabelecidos pela NBR 8492 (ABNT, 2012), se enquadram na norma que direcionam os valores individuais $\geq 1,7$ MPa, e para a média de resistência ≥ 2 MPa, com idade mínima de sete dias, para serem utilizados como elementos de vedação em paredes internas acima do nível do solo. Os valores encontrados aos 7 dias foram: traço 1:7 valor 4,25 MPa; traço 1:9 valor: 3,8 MPa; traço 1:11 valor: 2,88 MPa e traço 1:20 valor 2,51 MPa. Diante do exposto conclui-se que os tijolos em estudo atendem as Normas especificadas e aos 180 dias obtivemos os valores: traço: 1:7 valor 5,50 MPa; traço 1:9 valor 4,40 MPa; traço 1:11 valor 3,76 MPa e traço 1:20 valor de 2,20 MPa. Os resultados apontam a viabilidade desse produto na construção civil, gerando emprego e renda, além de contribuir com os impactos ambientais.

Palavras-chave: Resíduos da construção civil, Legislação Ambiental de Mato Grosso, Reciclagem, Produção de Tijolos Prensados de (RCC).

ABSTRACT

The civil construction sector causes great environmental impacts resulting from its activities, and the high generation of waste, called Civil Construction Waste (RCC), represents one of the main justifications for this statement, since they are associated with several critical and urgent problems within the urban context. Thus, the relevance of this research is justified by the reuse of this material (RCC) as an alternative to incorporate it in the manufacture of bricks, in order to minimize especially the case of construction waste in Cuiabá (MT). To make the pressed brick production feasible, Recycled Aggregates from Civil Construction (ARCC) from the concessionaire Eco Ambiental were used. Based on the information and data collected, the current legislation was studied, prioritizing the theme, with emphasis on the legal instruments stipulated for the environmental management of (RCC). The bricks pressed with (RCC) will be used in the execution of sealing masonry, aiming to provide an appropriate destination to (RCC), in order to contribute to the sustainability in construction, mitigating the problems faced by Organs environmental and social agencies. To characterize the materials, the following laboratory tests were carried out, according to the current Technical Standards: granulometric analysis, resistance to simple compression, capillarity absorption, water absorption by immersion, alkali-aggregate reaction (RAA) and pozzolanicity index. The fine aggregate was used where the percentage with mortar content (51%) was chosen, applying in the defined lines (1:7, 1:9, 1:11 and 1:20). Bricks with (RCC) were produced to be analyzed at the ages of 07, 14, 28 and 180 days. The results demonstrated that the manufacture of bricks with the residues of civil construction (RCC) and Portland cement, were satisfactory, according to the minimum values established by NBR 8492 (ABNT, 2012), fit the standard that direct the individual values $\geq 1,7$ MPa, and for the average resistance ≥ 2 MPa, with a minimum age of seven days, to be used as sealing elements in internal walls above ground level. The values found at 7 days were: trace 1:7 value 4.25 MPa; mix 1:9 value 3.8 MPa; 1:11 trace value 2.88 MPa and 1:20 trace value 2.51 MPa. In view of the above, it is concluded that the bricks under study meet the specified Standards and at 180 days we obtained the values: trait: 1:7 value 5.50 MPa; trait 1:9 value 4.40 MPa; mix 1:11 value 3.76 MPa and mix 1:20 value 2.20 MPa. The results indicate the viability of the product in civil construction, generating employment and income, in addition to contributing to environmental impacts.

Keywords: Construction waste, Environmental legislation of Mato Grosso, Recycling, Production of pressed bricks from (RCC).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Base da construção de um banco com agregados reciclados da construção civil (RCC).	27
Figura 2. Construção de uma sala construída com agregados reciclados da construção civil (RCC).	28
Figura 3. Estratégias de redução da geração de resíduos.	30
Figura 4. Caracterização e Classificação de Resíduos	43
Figura 5. Relação entre ações humanas, aspectos e impactos ambientais.....	50
Figura 6. Deposição irregular de resíduos de construção em São Caetano – SP.	51
Figura 7. Deposição irregular de resíduos de construção em Belo Horizonte – BH.....	51
Figura 8. Coexistência de RCC, lixo domiciliar volumosos em local de descarte clandestino em Aracajú- SE.....	52
Figura 9. Impactos por deposição irregular em diadema - SP.....	53
Figura 10. Obstrução do córrego dos meninos em Santo André e São Bernardo – SP.....	53
Figura 11. Ação Corretiva do Poder Público Municipal de Aracaju.....	57
Figura 12. Pavimentação com piso intertravados em São Carlos – SP.	60
Figura 13. Bloco de concreto composto com material reciclado.	60
Figura 14. Layout básico do Eco Ponto.....	70
Figura 15. Área de Estudos	76
Figura 16. Determinação da composição granulometria através de um sistema de peneiras...82	
Figura 17. Mistura de materiais para moldagem	91
Figura 18. Processo de moldagem dos tijolos	91
Figura 19. Câmara úmida para realização da cura dos tijolos	92
Figura 20. Determinação de Ensaio de Absorção.....	93
Figura 21. Determinação de Ensaio de Absorção da Capilaridade	96

Figura 22. Tijolos capeados prontos para rompimentos.....	97
Figura 23. Processo de rompimento dos tijolos.....	97
Figura 24. Moldagem das barras – Molde das Barras (A) e A Argamassa em Estado Fresco logo após a Dosagem (B)	101
Figura 25. Banho Térmico de Solução de NaOH1N – 80°C. Utilizado Durante 28 dias de Ensaio	102
Figura 26. Relógio Comparador Utilizado no Momento da Leitura de Expansão de uma das Barras de Argamassas Ensaçadas.....	103
Figura 27. Moldagem dos Corpos de Prova Cilíndricos	105
Figura 28. Corpos de Prova Cilíndricos – Desmoldados.....	106
Figura 29. Ensaios de Rompimentos dos corpos de cilíndricos (bloco A) – DACC/ Campus Cuiabá/ IFMT	106
Figura 30. Ensaios de Rompimentos dos corpos de cilíndricos (bloco B) – DACC/Campus Cuiabá/ IFMT	107

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Materiais consumidos pela construção civil – canteiros brasileiros (%).....	40
Gráfico 2. Origem dos RCC em alguns municípios brasileiros.	42
Gráfico 3. Resíduos por Classe – Manaus	44
Gráfico 4. Maiores Impactos Causados pelos RCC's (%)	56
Gráfico 5. Resumo de volumes de resíduos coletados e gastos públicos municipais com serviços de remoção de entulho em Aracaju.	58
Gráfico 6. Órgão responsável pelo manejo de resíduos sólidos nos municípios de Mato Grosso.....	61
Gráfico 7. Áreas para destinação para resíduos sólidos especiais gerados nos municípios de Mato Grosso	62
Gráfico 8. Composição Granulométrica do Agregado Miúdo	98
Gráfico 9. Determinação da Reatividade álcali-Agregado pelo Método Acelerado	104
Gráfico 10. Resistência à Compressão Simples em (MPa)	109
Gráfico 11. Determinação da Absorção da Água por Imersão (%).....	110
Gráfico 12. Massa específica da amostra seca (g/cm ³).....	112
Gráfico 13. Massa específica saturada (g/cm ³).....	113
Gráfico 14. Massa específica real (g/cm ³).....	114
Gráfico 15. Determinação da Absorção por Capilaridade (g/cm ²) – (7 Dias).....	115
Gráfico 16. Determinação da Absorção por Capilaridade (g/cm ²) – (14 dias).....	116
Gráfico 17. Determinação da Absorção por Capilaridade (g/cm ²) – (28 dias).....	117
Gráfico 18. Determinação da Absorção por Capilaridade (g/cm ²) – (180 dias).....	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Materiais perigosos presentes em determinados tipos de RCC.....	54
Quadro 2. Vetores relacionados à disposição inadequada de resíduos sólidos e doenças transmitidas.....	55
Quadro 3. Estimativo final da quantidade de RCC gerado em Cuiabá (abril, 2006)	67
Quadro 4. Estimativa gravimétrica sobre a geração de resíduos sólidos de Cuiabá, por dia e por tipologia.....	68
Quadro 5. Resultados da Resistência à Compressão dos Ensaios de Rompimentos dos corpos de provas cilíndricos	107

LISTA DAS TABELAS

Tabela 1. Classificação de RCC segundo a resolução CONAMA 3007/2002.....	36
Tabela 2. Posição dos Resíduos Sólidos da Construção Civil.....	44
Tabela 3. Quantidade total de RCC coletado pelos municípios no Brasil (t. dia ¹) nos anos de 2015 e 2016.	46
Tabela 4. Produção de Agregados – Classificação.....	47
Tabela 5. Reciclagem dos Resíduos	47
Tabela 6. Distribuição das ocorrências de vetores em áreas de descartes de RCC em São José do Rio Preto – 1996.	55
Tabela 7. Componente dos Custos da Gestão Corretiva em Alguns Municípios.....	58
Tabela 8. Quantidades de caminhões de bota fora com resíduo da construção civil que descarregam por dia:.....	77
Tabela 9. A estimativa mensal de resíduo da construção civil em m ³ ao mês	77
Tabela 10. Empresas cadastradas e licenciadas que operam este serviço com a Eco Ambiental:	77
Tabela 11. Transportadores - Empresas da construção civil que mais utilizam o canteiro da Eco Ambiental para depositarem seus resíduos:	78
Tabela 12. Geradores - Empresas da construção civil que mais utilizam o canteiro da Eco Ambiental para depositarem seus resíduos:	79
Tabela 13. Caracterização física e mecânica do cimento	81
Tabela 14. Intervalos Granulométricos e Massa Mínima de Amostra Para Ensaios.....	83
Tabela 15. Empacotamentos Experimentais (%).....	89
Tabela 16. Teor de torrões de argila.	100
Tabela 17. Granulometria requerida do material para ensaio.....	101

Tabela 18. Quantidades em massa necessárias para a moldagem de três corpos-de-prova cilíndricos	105
Tabela 19. Resistência à compressão em MPa – NBR 8492 (ABNT, 2012)	108
Tabela 20. Determinação da Absorção de Água por Imersão (%)	110
Tabela 21. Estudo do Índice de Vazios	111
Tabela 22. Determinação da massa específica da amostra seca (g/cm^3)	112
Tabela 23. Massa específica da amostra saturada (g/cm^3)	113
Tabela 24. Massa específica real (g/cm^3)	114
Tabela 25. Absorção por capilaridade em (g/cm^2) aos 7 dias.....	115
Tabela 26. Absorção por capilaridade em (g/cm^2) aos 14 dias.....	116
Tabela 27. Absorção por capilaridade em (g/cm^2) aos 28 dias.....	116
Tabela 28. Absorção de água (em g/cm^2) aos 180 dias	117
Tabela 29. Planilha de Custos de Agregado Natural e Agregos Reciclados	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnica
- ABRECON** – Associação Brasileira Para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil
- ABRELPE** – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública
- ARCC** – Agregados Reciclados da Construção Civil
- ARTC** – Agregados Reciclados de Telha Cerâmica
- ATT** – Área de Transbordo e Triagem
- CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- CTR** – Controle de Transporte de Resíduos
- DNPM** – Departamento Nacional de Produção Mineral
- DP** – Desvio Padrão
- IBEAS** – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBRACON** – Instituto Brasileiro de Concreto
- IFMT** – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
- I&T** – Consultoria Informações Técnicas
- NBR** – Norma Brasileira Registrada
- NM** – Norma Mercosul
- PERS-MT** – Política Estadual de Resíduos Sólido de Mato Grosso
- PEV'S** – Ponto de Entrega Voluntária
- PGRCD** – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Demolição
- PIB** – Produto Interno Bruto
- PMGRS** – Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
- PNRS** – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PNSB** – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

RAA - Reação Álcali-Agregado

RCC – Resíduo de Construção Civil

SEMINFE – Secretaria Municipal de Infraestrutura de Cuiabá

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

RSU – Resíduo Sólido Urbano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 JUSTIFICATIVA	20
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	21
1.3 OBJETIVO GERAL	21
1.3.1 Objetivos Específicos	21
1.4 Estrutura do Trabalho	22
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	24
2.1 Tijolo com resíduo da construção civil (RCC)	25
2.2 Benefícios produzidos com os artefatos dos agregados reciclados da construção civil (RCC)	27
2.3 Origem dos resíduos sólidos, conceitos e legislações.....	28
2.4 Legislação Brasileira	35
2.5 Legislação de Mato Grosso	38
2.6 Resíduos de construção civil no BRASIL	39
2.6.1 Caracterização do RCC no Brasil	41
2.6.2 A Reutilização do RCC no Brasil	44
2.7 Impactos gerados pelos RCC's	49
2.7.1 Os Impactos Ambientais: Definição	49
2.7.2 Os Impactos nas Condições Estéticas e Sanitárias do Meio Ambiente	51
2.7.3 Impactos na Saúde da População	55
2.7.4 Os Impactos nas Atividades Sociais e Econômicas	56
2.8 Os Impactos Positivos: Benefícios da reutilização dos RCC's	59
2.9 Gestão de Resíduos da Construção Civil no Estado de Mato Grosso	61
2.9.1 Gerenciamento dos Resíduos de Construção e Demolição de Cuiabá-MT	67

3 MATERIAIS E MÉTODOS	75
3.1 Área estudada.....	75
3.2 Sobre a Eco Ambiental	76
3.3 Componentes dos tijolos.....	79
3.3.1 Cimento.....	79
3.3.2 Água	81
3.3.3 Os Agregados.....	82
3.3.3.1 Agregados - determinação do teor de argila em torrões de materiais friáveis.....	83
3.3.3.2 Massa Específica e Massa Específica aparente	83
3.3.3.3 Massa específica aparente do agregado seco	84
3.3.3.3.1 Massa específica aparente.....	84
3.3.3.3.2 Massa específica	84
3.3.3.4 ABNT NBR 30 (ABNT, 2001) Agregado miúdo – Determinação da absorção de água	85
3.3.3.5 Reação Álcali-Agregado (RAA), NBR 15577-4: (ABNT, 2009) E ASTM C-1260- (2014)	86
3.3.3.6 Determinação de Atividade Pozolânica com Cimento Portland – NBR 5752, (ABNT, 2014).....	87
3.4 Métodos de Dosagem Experimental	88
3.4.1 Empacotamento de Partículas Experimental	88
3.4.2 Fabricações dos Tijolos	90
3.5 Propriedades físicas dos Tijolos no estado endurecido	92
3.5.1 Absorção água por imersão	92
3.5.2 Índice de vazios	93
3.5.3 Massa Específica em g/cm ³	94
3.5.4 Massa específica da amostra saturada em g/cm ³	94
3.5.5 Massa específica real em g/cm ³	95
3.5.6 Determinação da absorção da água por capilaridade.....	95
3.5.7 Resistência mecânica à compressão simples	96
4 RESULTADOS.....	98
4.1 Resultados das Propriedades Físicas dos Agregados.....	98
4.1.1 Determinação da Composição Granulométrica	98

Esse ensaio foi realizado de acordo com a NBR NM 248: (ABNT, 2012). No Gráfico, 08 são representados os resultados dos ensaios de caracterizações dos agregados reciclados da

construção civis e demolições (RCD), utilizadas na pesquisa para produção dos tijolos. Trata-se da curva granulométrica do agregado miúdo.	98
4.1.2 Resultado da Massa Específica do Agregado Miúdo	99
4.1.3 Determinação do Teor de Torrões de Argila	99
4.2 Avaliação Química	100
4.2.1 Reação Álcali-Agregado (RAA).....	100
4.2.2 Determinação de Atividade Pozolânica com Cimento Portland.....	104
4.3 Resultados das Propriedades no estado endurecido.....	108
4.3.1 Resultados da Resistência à Compressão Simples dos Tijolos.....	108
4.3.2 Resultados da massa específica, absorção de água por imersão e índice de vazios – NBR 9778 (ABNT, 2009)	110
4.3.2.1 Absorção de água por imersão.....	110
4.3.2.2 Índice de vazios e porosidade	111
4.3.2.3 Resultado da massa específica de acordo com a NBR 9778 (ABNT, 2009)	112
4.3.2.3.1 Massa específica seca	112
4.3.2.3.2 Massa específica da amostra saturada	113
4.3.2.3.3 Massa específica real	114
4.3.3 Absorção de água por capilaridade.....	115
4.4 Estudos da Viabilidade Econômica	118
5 CONCLUSÕES	119
REFERÊNCIAS	123

1 INTRODUÇÃO

Segundo Nagalli (2014), a construção civil brasileira vem aumentando sua participação na economia nacional. Cerca de 20% do PIB brasileiro vem deste setor, o que o torna um dos mais importantes ramos de produção do país.

Igualmente, nestas últimas décadas, os resíduos da construção civil (RCC) vêm recebendo atenção crescente por parte de construtores e pesquisadores em todo o mundo (YUAN et al., 2012). Isso se deve, principalmente, ao fato de que os RCCs estão se tornando um dos principais agentes para a poluição ambiental (YUAN; SHEN; LI, 2011; JAILON; POON; CHIANG, 2009).

Nesse cenário, a construção civil, nos moldes como é hoje conduzida, apresenta-se como grande geradora de resíduos. No Brasil, onde boa parte dos processos construtivos é essencialmente manual e cuja execução se dá praticamente no canteiro de obras, os resíduos de construção e de demolição, além de potencialmente degradadores do meio ambiente, ocasionam problemas logísticos e prejuízos financeiros.

Conforme estimativa da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE 2012), os municípios brasileiros coletaram mais de 35 milhões de toneladas de RCCs, o que representa 55% de todo o resíduo sólido urbano (RSU) coletado naquele ano. A União Europeia, preocupada com essa questão, estipulou a meta ousada de reutilizar 70% em peso dos resíduos de construção civil (RCC) até 2020 (LLATAS, 2011).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012b) estabelece como meta que

todas as regiões do país estejam aptas a reciclar seus resíduos utilizando unidades de recuperação, com eliminação das áreas de disposição irregular (bota-foras).

Assinala-se que esse tema ganhou grande importância nas últimas décadas, mas as pesquisas na área ocorrem ainda de maneira dispersa. Yuan e Shen (2011), ao pesquisarem as publicações disponíveis sobre o assunto, concluíram que a investigação sobre os resíduos da construção civil ainda não é sistemática e carece de aprofundamento e padronização.

Outra dificuldade citada se refere ao fato de que as pesquisas recentes sobre os resíduos da construção civil são essencialmente sobre coleta de dados e de cunho descritivo (YUAN; SHEN, 2011). Ainda assim, vislumbra-se a perspectiva de que as pesquisas se voltem mais para técnicas de simulação e moldagem mais sofisticadas.

Segundo o título do artigo, com a gestão correta dos resíduos, ou seja, a separação e destinação para a reciclagem haveria a geração de 150 mil empregos diretos, considerando que cada usina de reciclagem de resíduos da construção produz em média de 3 a 6 mil metros cúbicos de agregado reciclado e empregue sete empregados (empregos diretos), assim se os 84 milhões de metros cúbicos de entulho fossem destinados corretamente. (JORNAL ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

Em artigo publicado no dia 06 de outubro de 2016 no Jornal Estado de São Paulo pela Amcham Brasil (Câmara de Comércio Brasil – EUA), dentro do blog “ECOando”, o texto traz uma abordagem sistemática sobre os benefícios diretos da gestão dos resíduos da construção e demolição, o RCD. Referência bibliográfica.

Entre os Centros de Pesquisas Importantes em RCCs são The Hong Kong Polytechnic University e City University of Hong Kong (China); University Kebangsaan Malaysia (Malaysia); Griffith University e University of Western Sydney (Australia); e National Technical University of Athens’s (Grécia).

No Brasil, o interesse em pesquisar o Campo dos Resíduos da construção civil também se manifesta. Particularmente em Mato Grosso, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) tem se destacado como centro de estudos nessa linha.

Em Cuiabá, pesquisadores do Campus Cel. Octayde Jorge da Silva (IFMT) vêm desenvolvendo pesquisas com esse objetivo, Figurando, entre outros, os estudos com tijolos de Solo-Cimento (WILSON et.al. 2002), com Agregados Recicladados de Resíduos de Cerâmica Vermelha (RCV) para Concretos e Argamassas (COSTA & SANTANA 2007) e (FAVINE & COSTA 2009), com Resíduos da Construção Civil (RCC), para Blocos de Alvenaria (ALBUQUERQUE & SANTOS 2012), (RCC) para Concreto Auto Adensável (LIMA et. al. 2012), e (RCC) para Base, Sub-Base de Pavimentos (AMORIM & QUEIROZ 2011).

Seguindo esse interesse em pesquisar o reaproveitamento de resíduos da construção civil com intuito de contribuir para o fortalecimento de estudos nessa área em Mato Grosso, este presente trabalho objetiva produzir um tijolo prensado de agregados reciclados da construção civil (RCC), materiais oriundos da concessionária Eco Ambiental, no município de Cuiabá-MT.

No desenvolvimento de produção desse tijolo prensado, pretende-se explorar as potencialidades do resíduo (RCC) que, hoje, são descartados na natureza de forma sustentável, conforme se verá adiante neste estudo.

Ao analisar o tema, observa-se que é preciso diferenciar a gestão dos RCC do seu gerenciamento. Entende-se por gestão um processo amplo composto por políticas públicas, leis e regulamentos que balizam e direcionam a atuação dos agentes do setor. Já o gerenciamento trata das atividades operacionais cotidianas e do trato direto com os resíduos.

Dessa forma, as questões abordadas neste estudo se referem às ações desenvolvidas por empreendedores e construtores no sentido de antever, controlar e gerir a manipulação dos resíduos de suas obras.

Acrescenta-se também que, por se tratar de atividade técnica que exige grande responsabilidade, o gerenciamento dos resíduos da construção civil de uma obra deve ser conduzido por um profissional habilitado, sendo mais habitual o desenvolvimento dessa atividade por engenheiros civis.

Dados, estudos, referências de autores, além de informações técnicas farão parte da fundamentação teórica para a produção de tijolo prensado, bem como para a construção de um sistema de Gestão de Resíduos da Construção Civil e Volumosos para Cuiabá. No Diagnóstico Geral sobre Resíduos Sólidos da Construção Civil, elaborado em outubro de 2006 pela consultoria Informações e Técnicas (I&T), estima-se que, levando em consideração as taxas anuais (t/hab. Ano), para Cuiabá, a taxa encontrada foi de 0,46, tendo sido verificada em alguns municípios a variação de 0,38 a 0,68 t/hab. Ano.

Esse sistema de gestão pretende delinear o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Volumosos, com os procedimentos a serem adotados, as infraestruturas a serem edificadas e a estrutura organizacional de gestão permanente (NPG) necessária para a sua consecução, conforme anotam SEMINFE, I&T (PMC, 2006).

1.1 JUSTIFICATIVA

A utilização do RCC (Resíduo da Construção Civil) como agregado artificial contribui para a amenização da poluição do meio ambiente, pois cerca de 60% dos materiais descartados são constituídos de produtos inertes, como argamassas, concretos, telhas e tijolos. Utilizar RCC na confecção de tijolos apresenta vantagens, como: a produção dos artefatos de cimento com agregados reaproveitados de resíduos-RCC (classe A), menor consumo de cimento em seu amassamento e, no processo de fabricação, não há queima do tijolo, consequentemente diminuindo a emissão de gases poluentes na atmosfera.

A reciclagem surge como uma forma racional para combater o problema do descarte de material gerado na indústria, tornando-o novamente utilizável no setor da construção civil, onde há grande potencialidade de absorção desses resíduos. Portanto, o descarte descontrolado e muitas vezes clandestino desse material de indústria na malha urbana acarreta a degradação de áreas e vias públicas, bem como a rápida saturação dos aterros de materiais inertes, e pode vir a se constituir em sério problema econômico e ambiental ainda não plenamente avaliado. Rios e córregos são assoreados, bueiros e galerias entupidos e consequentes enchentes tornam os ambientes propícios para proliferação de ratos, insetos e outros animais transmissores de doenças.

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Foram utilizados apenas os agregados reciclados da construção civil triturado proveniente da empresa concessionária Eco Ambiental, no município de Cuiabá-MT.

No estudo foram escolhidos os traços: 1:7; 1:9; 1:11 e 1:20, respectivamente cimento e agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil (RCC) retirado direto do britador sem separação dos seus componentes (cerâmica, argamassa, concreto entre outros materiais).

Na escolha dos traços levaram-se em conta os traços usualmente utilizados nas empresas de artefatos de cimento com agregados de origem natural. Traços: fraco, médio e forte para fabricação de tijolos.

1.3 OBJETIVO GERAL

Produção de tijolos prensados com agregados reciclados da construção civil: estudo de caso em Cuiabá-MT.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Caracterizar o agregado triturado;
- analisar o empacotamento dos agregados triturados direto do britador, retidos nas peneiras: 6,3 mm; 4,8 mm 2,4 mm, e o fundo (pó);
- determinar a maior massa unitária compactada e o menor índice de vazios apropriados para a produção dos tijolos;
- dosar traços diferentes para composições de tijolos, contendo resíduo da construção civil (RCC), direto do britador sem empacotamento dos agregados;
- moldar artefatos de cimento: tijolos ou blocos prensados produzidos com agregado de resíduo da construção civil (RCC), britados diretamente no britador;
- avaliar as propriedades dos tijolos no estado endurecido como: resistência à compressão simples, a absorção de água por capilaridade e a absorção de água por imersão, nas idades de 7, 14, 28 e 180 dias;

- verificar as quantidades de caminhões de bota fora com resíduo da construção civil que descarregam por dia e as empresas cadastradas e licenciadas que operam juntas a Eco Ambiental no anuário de 2019 e 2020;
- analisar as propriedades químicas: Reação Álcali-Agregado (RAA) e se material em estudo apresenta Atividade Pozolânica;
- contribuir para a construção civil com novos artefatos: tijolos ou blocos.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho foi estruturado conforme os seguintes capítulos:

O capítulo 1, temos a introdução com os assuntos abordados e são explicadas a justificativa e as delimitações da pesquisa, os objetivos gerais e específicos do trabalho e metodologia a ser empregada.

No capítulo 2, temos o referencial teórico é feita a apresentação de definições e as legislações existentes no país, para a compreensão dessas definições é de suma importância para o entendimento dos comportamentos estudados.

No capítulo 3, são apresentados os materiais e métodos que foram estudados durante a elaboração do trabalho, à caracterização dos materiais utilizados os resultados de ensaios de caracterização e referências que foram utilizadas para a obtenção dos procedimentos exatos de laboratório.

No capítulo 4, são apresentados os resultados e discussões obtidas a partir do estudo, interpretações dos comportamentos observados e realizadas na pesquisa bem como outros estudos similares e recomendações de métodos e valores julgados ideais para o estudo apresentados.

No capítulo 5, apresentados os estudos de viabilidade econômica do agregado natural e agregados reciclados praticados no comércio em Cuiabá-MT.

No capítulo 6, são feitas as considerações gerais, comentados aspectos positivo, dificuldades e falhas na realização do manuseio com os instrumentos.

No capítulo 7, apresentamos as referências bibliográficas todos os trabalhos e documentos citados no corpo do trabalho, apresentado de acordo com as normas pertinentes, da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Atualmente, um dos maiores desafios está relacionado a tornar o mundo um lugar mais sustentável, com menos desperdício e, ao mesmo tempo, fazendo com que sejam atendidas todas as necessidades dessa geração e das gerações futuras sem prejudicar o meio ambiente (LOUREIRO; PEREIRA; PACHECO JUNIOR, 2016).

Para obter o desenvolvimento sustentável, é preciso que o uso de energia e matéria diminua, o bem-estar da sociedade aumente e que os recursos naturais sejam usados de uma maneira que não haja esbanjamento (CAVALCANTI, 2012).

Dessa forma, o setor da construção civil também teve que se adequar a essas mudanças e se enquadrar em todas as principais modificações propostas, visando ao desenvolvimento sustentável. Outra questão a ser considerada se refere à problemática relacionada à geração dos resíduos sólidos da construção responsável por um grande impacto ambiental devido a ser frequentemente disposto de maneira clandestina em terrenos baldios e outras áreas pública, ou em bota fora e aterros, tendo sua potencialidade desperdiçada. Apesar de essa prática ser presente na maioria dos centros urbanos, pode-se dizer que, nos últimos anos, ela tem diminuído em decorrência principalmente do avanço nas políticas de gerenciamento de resíduos sólidos, como a criação da Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), a qual estabeleceu diretriz e instrumentos que visam sobrepor os problemas originados pelos resíduos da construção e de demolições, determinando responsabilidades e deveres dos geradores (CONAMA, 2002). A resolução impõe, ainda, aos responsáveis pela geração dos resíduos a obrigatoriedade de redução, reutilização e reciclagem (PINTO, 1999).

Estimativas de geração anual desses resíduos apontam índices mundiais variáveis. De acordo com John (2000), EUA, Japão e Alemanha apresentam alguns dos maiores índices. Para o Brasil, Ângulo et al. (2004) indicam que são geradas 68,5 milhões de toneladas por ano. Pinto (1999) aponta para o Brasil uma porcentagem desses resíduos em torno de 50% do volume total de resíduos sólidos produzidos pelos grandes centros urbanos. Na grande Cuiabá, estima-se que sejam produzidos anualmente cerca de 180.000 m³ de RCC.

Nesse sentido, este estudo justifica-se por possibilitar a reutilização dos resíduos sólidos reciclados oriundos da Construção Civil, a fim de promover sua destinação. A pesquisa compreende, além da identificação, também a classificação, e reutilização dos resíduos que são descartados nos containers de coleta, o que possibilitará, além do reaproveitamento desses descartes em escala industrial, também a geração de emprego e renda.

O presente projeto traz para reflexão a Geografia como uma ciência de tempo e de espaço, contribuindo para a promoção de cidadania. No início do ano 2000 o geógrafo Milton Santos (2004) revela que as sociedades e sistemas técnicos e políticos estão relacionados com os momentos e lugares feitos e refeitos continuamente pela Geografia e História. O autor menciona, também, que conhecer essas relações permite ou não a formação de uma nação ativa.

2.1 Tijolo com resíduo da construção civil (RCC)

Os primeiros estudos com a utilização de resíduos da construção civil e transformado em tijolo ecológico na Universidade de Campinas – UNICAMP, o Prof. Adilson Rossini (1994), onde produziu com sucesso tijolos com resíduos da Construção Civil.

A confecção de tijolos com resíduo da construção civil utilizada em vedação é uma alternativa altamente adequada e adotada em algumas regiões brasileiras.

As vantagens da utilização desses tijolos são inúmeras, como, por exemplo:

- a) Não exigem grandes resistências mecânicas, pois sua principal função é vedar;
- b) Agregados (resíduos) baixa resistência mecânica e o índice de aproveitamento do material podem ser bastante altos;
- c) Resistência à compressão, pois os agregados reciclados têm uma resistência bem próxima às dos agregados naturais;
- d) Custos baixos, por se tratar de agregados de resíduos;
- e) Apesar dos tijolos com resíduos apresentar maiores porosidades e permeabilidade, os mecanismos de deterioração não afetam a sua durabilidade.
- f) Produzir um novo Produto.

Com base no estudo levantado, a produção de tijolo com resíduo da construção civil é uma forma de minimizar os impactos ambientais causados por seu descarte desordenado. Em Mato Grosso, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT) tem se destacado porque conta com um centro de estudos que pesquisa o Campo dos Resíduos da construção civil. No desenvolvimento de produção desse tijolo prensado, pretende-se explorar as Potencialidades do Resíduo (RCC) que, hoje, são descartados na natureza de forma sustentável, conforme se verá adiante deste estudo.

Para a produção dos tijolos o estudo do agregado é muito importante. Os agregados são classificados como natural e artificial. O agregado natural é encontrado na natureza pronto para ser utilizado, e o artificial é aquele que passou por redução do tamanho de pedras grandes ou resíduo da construção civil (RCC), geralmente por trituração em equipamentos mecânicos (britadores).

Sendo materiais baratos, os agregados incorporam a economia como sua principal função na composição dos concretos e argamassas. Contudo, suas funções são ampliadas quando consideramos as propriedades finais desses sistemas. Os agregados ajudam a aumentar a estabilidade (redução da retração) e a resistência, principalmente ao desgaste ao fogo, além de influenciar na condutividade térmica (ARAÚJO, RODRIGUES & FREITAS, 2000).

Os beneficiamentos são atos de submeter um resíduo a operações e/ou que tenham por objetivo dotá-lo de condições que permitam que seja utilizado como matéria-prima ou produto NBR 15116, (ABNT, 2004). Conforme a norma NBR 15116:2004, o agregado

reciclado define-se como um material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civis que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infraestrutura.

Costa (2006) desenvolveu vários estudos com agregados de resíduos da indústria da construção civil, nos quais comprova a viabilidade de seu uso neste setor, utilizando em argamassa e concreto. Em seus estudos, também constata a utilização dos resíduos da construção em artefatos de cimento.

2.2 Benefícios produzidos com os artefatos dos agregados reciclados da construção civil (RCC)

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas algumas aplicações com agregados reciclados realizados pelos pesquisadores do IFMT, Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva.

Figura 1. Base da construção de um banco com agregados reciclados da construção civil (RCC).



Fonte: Do Autor (2021)

Figura 2. Construção de uma sala construída com agregados reciclados da construção civil (RCC).



Fonte: Do Autor (2021)

2.3 Origem dos resíduos sólidos, conceitos e legislações

O ser humano sempre se valeu de recursos naturais para atender as suas necessidades. Inicialmente, pelo uso de peles de animais para vestimentas e, na sequência, pelo emprego de instrumentos para confecção de objetos, ferramentas e armas. Em seguida, o domínio do processo de geração e controle do fogo o possibilitou aprimorar seu sistema de proteção e ele pode entrar e permanecer nas cavernas. Então, com as novas formas de organização social e familiar e o advento da agricultura, o homem deixou de ser nômade e pode se estabelecer em um único local.

Observa-se que, ao longo da história, o homem aumentou sua apropriação dos recursos naturais, e o que antes era restrito a poucas necessidades humanas hoje requer a apropriação de muitos e diversos materiais. Se antes algumas peles e poucos alimentos eram suficientes para a sobrevivência do homem, hoje a sociedade impõe ao indivíduo necessidades de consumo cujos resíduos de produção e uso passa a ser um problema e, conseqüentemente, objetos de estudos.

Esse processo de consumo e apropriação de recursos foi muito acelerado em dois

momentos históricos: o surgimento da moeda e a revolução industrial. A moeda contribuiu para a aceleração do processo de trocas; em substituição ao escambo, ela passou a ser responsável pelo aumento na qualidade de resíduos gerados.

Já a revolução industrial, na medida em que dinamizou os processos produtivos e “propiciou” ao homem produzir mais em menos tempo, aumentou o uso e a apropriação dos recursos naturais industrializados.

É interessante verificar que, ao longo da história, algumas iniciativas pontuais que tratavam de resíduos foram desenvolvidas. Na Europa, no início do século XIX, há registros de processamento de entulho de construções em escória de alto-forno.

Na Holanda, por exemplo, em 1920, alguns rejeitos foram utilizados e aproveitados em construções. Após a Segunda Guerra Mundial, os escombros das construções europeias destruídas durante a guerra foram utilizados como agregados para produzir concreto e asfalto.

Já na Alemanha foram utilizados no fabrico de concreto 12 milhões de metros cúbicos de agregados oriundos da alvenaria. Em função da escassez de petróleo nas décadas de 1950 a 1970, utilizou-se asfalto velho para produção de novas camadas de pavimento.

Em 1989, com a derrubada do muro de Berlim, os restos do muro foram e ainda são vendidos como souvenir.

É válido observar que, naquela época, o aproveitamento de resíduos não possuía viés ambiental. Atualmente, observa-se uma sociedade que, embora mais consciente com relação a alguns aspectos de consumo, continua a compelir indivíduos a consumir, fortemente estimulada por grupos econômicos que buscam a continuidade de suas atividades lucrativas.

Por outro lado, surgem iniciativas que propõem minimizar a geração dos resíduos, melhorar seu uso e seu transporte, fornece tratamento adequado, reciclar etc.

A crescente demanda por construções sustentáveis, denominadas “verdes”, e das novas exigências de consumidores, legisladores e auditores de processos de certificação ambiental, por exemplo, começam a impor uma melhor adequação dos processos das

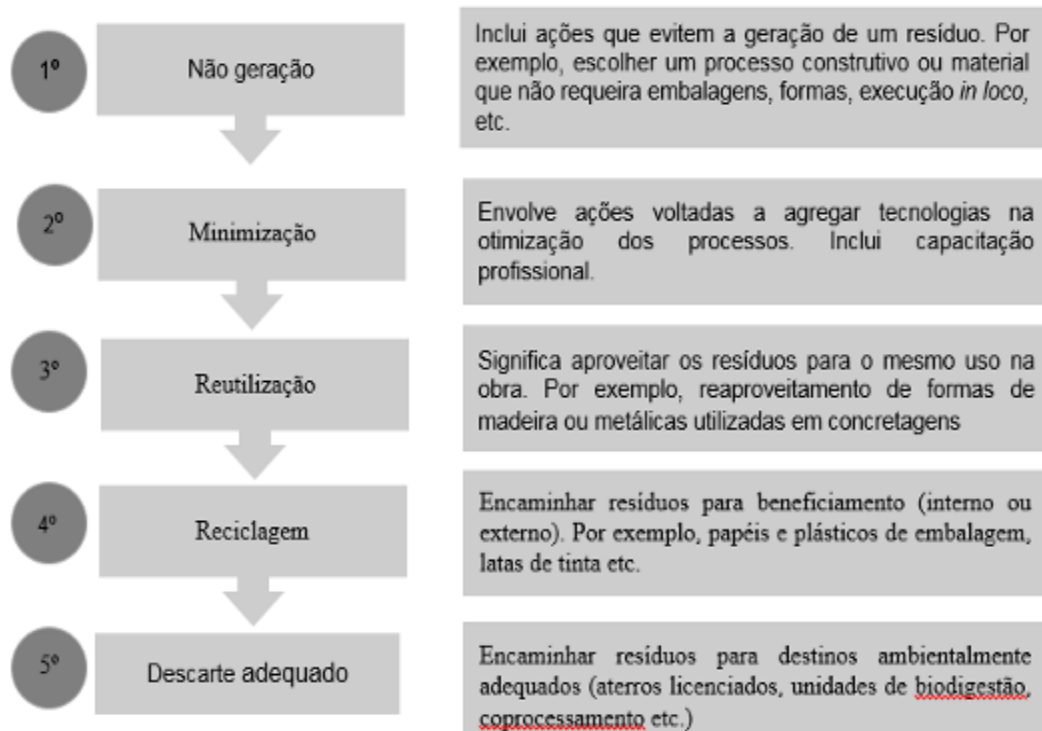
construtoras e empreendedores nesse sentido.

Sabe-se que a sustentabilidade possui três dimensões: ambiental, social e econômica. Os resíduos de construção e de demolição repercutem nessas três dimensões concomitantemente, quer pelos impactos no meio ambiente, quer por atividades humanas na cadeia da reciclagem (que não só buscam atenuar mazelas sociais, como também geram emprego e renda – macro e microeconomias).

A construção civil é uma grande geradora de resíduos. O gerenciamento dos resíduos da construção civil tem por intuito assegurar a correta gestão dos resíduos durante as atividades cotidianas de execução das obras e dos serviços de engenharia.

Esse gerenciamento de resíduos se fundamenta, essencialmente, nas estratégias de não geração, minimização, reutilização, reciclagem e descarte adequado dos resíduos sólidos, primado pelas estratégias de redução da geração de resíduos na fonte, como ilustra a Figura 3.

Figura 3. Estratégias de redução da geração de resíduos.



Fonte: Hierarquia do Sistema de Gerenciamento de Resíduos (Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil / André Nagalli). São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

Os resíduos sólidos, oriundos da construção civil, vêm ganhando importância e destaque no Cenário Nacional, especialmente pela aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), de 2010, que regulamentou o setor, impondo diversas obrigações aos governantes e às corporações, buscando sempre a qualidade produtiva, ambiental e a segurança a todas as obras.

Assim, o gerenciamento de resíduos deve atuar como um conjunto de ações operacionais que busca minimizar a geração de resíduos em um empreendimento ou atividade. Usualmente estruturado por meio de um programa ou plano, costuma abranger conteúdos relacionados a seu planejamento, delimitação e delegação de responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos (materiais humanos, financeiros, temporais etc.), atividades de capacitação, treinamento, diagnóstico e/ou prognóstico de resíduos.

Embora nem todo resíduo da construção civil possa ser entendido como um resíduo sólido tais como esgotos domésticos, efluentes líquidos e gasosos etc., é comum estabelecer práticas análogas às adotadas no gerenciamento dos resíduos sólidos nesses casos. Isso se deve principalmente ao fato de que o gerenciamento de resíduos sólidos, especialmente na indústria, acha-se em grande desenvolvimento devido ao tempo em que se encontra disponível.

A norma NBR 10004 (ABNT, 2004a) define resíduo sólido como qualquer forma de matéria ou substância no estado sólido ou semissólido, que resulte de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços, de varrição e de outras atividades da comunidade capaz de causar poluição ou contaminação ambiental.

A gestão dos resíduos da construção civil teve suas diretrizes, critérios e procedimentos principais estabelecidos pela Resolução Conama nº 307 (Conama, 2002). Essa resolução define resíduos da construção civil como os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassas, gessos, telhas, pavimentos asfálticos, vidros, plásticos, tubulações, fiações elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Estão também incluídos como resíduos da construção os resultantes da preparação e da escavação de terreno, solos, concretos em geral, rochas, pavimento asfálticos, tubulações e todos os entulhos de obra.

Já a norma NBR15116 (ABNT, 2004-b), que trata de Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos (ABNT, 2004b) define como resíduos volumosos aqueles resíduos constituídos basicamente por material volumoso não removido pela coleta pública municipal, como móvel e equipamentos domésticos inutilizados, grandes embalagens e peças de madeira, podas e outros itens não provenientes de processos industriais.

Os resíduos de demolição requerem tratamento especial, já que seus geradores usualmente não possuem qualquer influência sobre o processo de associação que acontece entre os resíduos. Uma vez misturados, os resíduos de demolição tornam-se de difícil separação.

Outro agravante é que os materiais de demolição são compostos por materiais “obsoletos”, ou seja, originados em processos construtivos que não contemplavam o viés do gerenciamento contemporâneo.

Assim, o gerenciamento dos resíduos associados ganha mais importância na medida em que os serviços de desconstrução precisam contemplar ações de segregação de resíduos na fonte.

Outro ponto que costuma suscitar dúvida é o conceito de lixo. A maioria dos dicionários da língua portuguesa reporta àquilo que não se deseja mais, sem utilidade, material que se quer descartar.

Na área da gestão de resíduos entende-se por lixo os restos das atividades considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis e que se apresentam, geralmente, em estado sólido, semissólido ou semilíquido (CURITIBA, 2006).

Por lixo domiciliar, entende-se aquele originado da vida diária das unidades familiares, constituídos por cascas de frutas, verduras, produtos deteriorados, restos de

alimentos, jornais, revistas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis, entre outros (CURITIBA, 2006).

Já o lixo comercial é entendido como aquele originado dos diversos estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços, e o lixo público é aquele oriundo de limpeza de vias públicas (CURITIBA, 2006). Existem também os resíduos ambulatoriais e os resíduos de saúde, estabelecidos e classificados segundo a Resolução Conama nº 283 (CONAMA, 2001), gerados no atendimento emergencial a acidentes de trabalho.

Outro conceito que costuma ensejar problemas no gerenciamento de resíduos é o conceito de calça, também entendido por entulho ou metralha. Trata-se de resíduos da construção civil, de demolições ou restos de obras que, via de regra, em função da ausência de cuidados com o gerenciamento de resíduos, costumam ser um conglomerado – heterogêneo de materiais.

Embora seja difundido que a calça seja possível de reaproveitamento, por causa de sua heterogeneidade composicional, isso nem sempre ocorre, porque, em meio a calça, podem estar presentes materiais indesejáveis, tais como metais, plásticos, contaminantes etc., os quais, durante determinados tipos de beneficiamento (cominuição sem segregação prévia, por exemplo), podem acarretar problemas ou acidentes nos equipamentos mecânicos ou em materiais secundários de baixa qualidade. Assim, sempre que possível, é desejável que os resíduos que compõem a calça sejam segregados e classificados ainda na fonte.

Do ponto de vista documental, a adoção do termo calça em documentos do gerenciamento costuma gerar problemas. Por exemplo: se um motorista de caminhão coletor de resíduos, caracterizando sua carga como calça, como saber o que transporta efetivamente o veículo? Materiais cerâmicos misturados a restos de concreto? Solo misturado com madeira? Lixo em meio a gesso?

É importante, portanto, ressaltar a necessidade de capacitação e treinamento dos funcionários envolvidos no processo de coleta dos resíduos, a fim de padronizar as nomenclaturas associadas ao processo de gerenciamento. Especialmente motoristas, apontadores, operadores de balança e almoxarifes devem estar aptos a “destrinchar” o

conceito de calça no sentido melhor discriminar os resíduos.

Os materiais de construção são classificados como matéria-prima primária ou matéria-prima secundária. Matérias-primas primárias são os materiais naturais, “virgens”, de origem mineral ou vegetal, que necessitam ser processados antes de sua utilização. Eles são, em geral, homogêneos (na medida em que não estão contaminados com os outros materiais), e, como exemplos, destacam-se a pedra britada, a areia, a argila e os derivados de petróleo no concreto asfáltico. Já as matérias-primas secundárias são aquelas que foram recuperadas ou que podem ser reutilizadas. Esses materiais necessitam ser coletados, separados, classificados, preparados ou tratados antes de serem usados. O critério para estabelecer se um material é matéria-prima ou resíduo deve estar atrelado ao uso que se pretende desse material. Assim, o que é resíduo em um setor ou processo produtivo pode ser matéria-prima em outro. Fazer esse discernimento é muito importante quando se trata do transporte dos resíduos e de sua relação com os aspectos legais.

Segue um exemplo: uma das filiais de uma construtora está executando uma obra em determinado Estado e, como consequência, há geração de resíduos (pneus de trator usados). Supondo que haja uma lei federal que proíba o transporte interestadual de resíduos, seria permitido a essa empresa promover uma gestão centralizada de seus resíduos, isto é, transportar tais pneus para a matriz situada em outro Estado? É, portanto, cruciais na resolução desse caso classificá-los ou não como resíduos. Caso a construtora considere tais pneus como matérias-primas para outro processo (de recapagem, reaproveitamento, reciclagem etc.), seria necessário viabilizar documentação específica?

Essas e tantas outras questões sujeitas a diversas interpretações podem suscitar dúvida tanto a quem promove o gerenciamento dos resíduos quanto a seus órgãos de fiscalização. Há muitas situações em que a conceituação do resíduo pode levar a diferentes fundamentações legais.

Considerando a demanda ambiental do constante reaproveitamento dos resíduos gerados, é preciso utilizar estratégias de reutilização (reaplicação de um resíduo sem transformação), reciclagem (processo de reaproveitamento de um resíduo), beneficiamento (ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam sua utilização como matéria-prima ou produto) ou, quando

necessário, definição de seu destino.

Dessa maneira, entende-se por aterro de resíduos da construção civil a área onde serão empregadas técnicas de disposição no solo de resíduos da construção civil Classe “A” (sistema de classificação apresentado adiante), visando a seu reaproveitamento ou ainda à futura utilização da área, valendo-se da tecnologia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública ou ao meio ambiente.

Por todos esses itens, é possível verificar, portanto, que, por se tratar de uma ciência relativamente nova, há dissonâncias quanto aos conceitos utilizados. Se a mão de obra não é especializada e/ou treinada, cria-se, assim, uma barreira ao processo de melhor gerenciamento de resíduos da construção.

2.4 Legislação Brasileira

A Resolução CONAMA nº 307 foi publicada dia 17 de julho de 2002 e alterada pelas Resoluções nº 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015. Esse decreto é o primeiro instrumento legislativo que trata de forma específica os resíduos sólidos produzidos pela construção civil. O documento estabelece diretrizes e procedimentos específicos para o gerenciamento de RCC, compreendido como o conjunto de ações, responsabilidades, práticas, recursos e planejamento que objetivam a redução, reutilização e reciclagem de resíduos.

A resolução define RCC como todos os materiais remanescentes em decorrência de construções, demolições, reformas e movimentações de solo, sejam eles cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, argamassas, resinas, tintas, madeira, metais, gesso, vidro, plástico, papel, material betuminoso etc. Sua principal realização foi o desígnio da responsabilidade pelos resíduos.

Destinado aos geradores de resíduos, a resolução, além de decretar a obrigatoriedade da implantação do Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRS), tem como função definir a orientação, caracterização e

apontamento das particularidades regionais relacionadas à geração de RCC averiguada em cada município.

O documento também apresenta a classificação dos RCC, cuja importância é identificação da forma adequada de acondicionamento e destinação ambientalmente correta, conforme disposto na Tabela 01, elaborada por IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais.

Tabela 1. Classificação de RCC segundo a resolução CONAMA 3007/2002.

Classe	Composição	Característica	Destinação
A	Componentes de alvenaria, concreto, argamassa, solo, revestimento, telhas cerâmicas e outros.	Resíduos que podem ser reciclados na forma de agregados e absorvidos pela própria construção civil	Reciclagem ou aterros licenciados
B	Madeira, metal, plástico, papel, vidro e outros.	Resíduos recicláveis para outras destinações	Armazenamento temporário e reciclagem
C	Gesso quando em contato com outros materiais, isopor e outros.	Resíduos que ainda não apresentam tecnologias para reciclagem / reutilização economicamente	Reciclagem ou deposição final conforme norma técnica
D	Tintas, solventes, óleos, resinas e outros.	Resíduos perigosos ou tóxicos	Aterros licenciados para resíduos perigosos ou deposição final conforme norma técnica específica

Fonte: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais

Nesse contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, representa outro marco para a metodologia de gestão integrada de resíduos no Brasil. Consta no próprio documento que se trata de “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável”.

Evidenciando a importância entre a interligação e integração entre as diversas competências administrativas, a PNRS também estabelece parâmetros, orientações e ações a serem implementadas nos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) estaduais, municipais e privados. Estabelece-se que, em cada âmbito, deve ser realizado o

diagnóstico e caracterização dos resíduos gerados, para que se possa verificar as necessidades e particularidades de cada região de forma que a gestão seja, de fato, eficiente.

Assim, a lei estabelece o conceito de responsabilidade compartilhada dos resíduos sólidos, que designa o dever para com a destinação ambientalmente adequada dos resíduos produzidos não apenas aos geradores, no caso os consumidores finais ou responsáveis técnico da obra, mas a todos que se envolvem de alguma forma na cadeia produtiva do material. Para a efetividade de tal definição, a PNRS estabelece diretriz e incentiva consórcios intermunicipais, acordos setoriais e a logística inversa.

Pinto e González (2005) apresentam, como medidas complementares da PNRS para a gestão municipal de resíduos sólidos, a necessidade de articulação de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) para pequenos volumes de resíduos domésticos recicláveis e de pequenos volumes de RCC, e o desenvolvimento de programas de capacitação de carroceiros e coletores cujas ações podem se tornar de muita valia dentro do modelo de gestão, se forem conscientizados a evitar deposições irregulares, gerando, desse modo, renda e empregos.

Os mesmos autores ainda propõem, para os RCC de classe A, a criação de áreas para aterramento, públicas ou particulares, nas quais esses resíduos realizariam correções de nível do terreno, em caráter definitivo e executado de acordo com os procedimentos legais e técnicos adequados para o atendimento da segurança e qualidade da obra.

Apesar de boa parte dos municípios brasileiros já disporem de áreas determinadas para deposição de resíduos sólidos, o manejo e reciclagem de RCC ainda enfrentam vários empecilhos, como a baixa e precária cobertura de coleta, a ausência da cultura de separação seletiva dos resíduos, além da quantidade irrisória de usinas de reciclagem, tornando as áreas de deposição cada vez mais sobrecarregadas, escassas e ineficientes como solução para a geração de RCC (FERNANDEZ, 2012).

Ainda assim, essas regulamentações representam bom suporte jurídico para a implementação da gestão correta dos resíduos sólidos de forma geral, seja em nível nacional, estadual, municipal ou na administração de empreendimentos privados. Após a criação desses mecanismos, a gestão ambiental do manejo sustentável e da reciclagem e

reaproveitamento de resíduos vêm recebendo cada vez mais atenção e importância por parte do poder público e sociedade (ABRECON, 2015; NAIME, ABREU e ATTILIO, 2013).

2.5 Legislação de Mato Grosso

Em dezembro de 2002, foi instituída a Lei nº 7.862, a qual foi alterada pela Lei nº 9.132 de 12 de maio de 2009. Essa lei trata da Política Estadual de Resíduos Sólidos de Mato Grosso (PERS – MT), dispondo sobre os princípios, diretrizes e procedimentos para o desenvolvimento dos PMGRS, atribuindo as responsabilidades do Estado, Município, órgãos ambientais e iniciativa privada. Além disso, a lei impõe a obrigatoriedade da implementação de tal instrumento para os municípios com população superior a 35.000 habitantes.

Destacam-se também como objetivos dessa lei a implantação de indústrias e práticas voltadas para não geração de resíduos, reciclagem e reaproveitamento de materiais; criação e consolidação de mercados consumidores de produtos reciclados, tendo como recomendação que os próprios órgãos públicos façam uso desses materiais em suas obras; e o estímulo para a realização de consórcios intermunicipais, principalmente no que diz respeito a soluções estratégicas para área de deposição e erradicação dos lixões.

A despeito dos RCC, a PERS – MT engloba-os nos critérios relacionadas a resíduos industriais, tidos como provenientes de atividades de pesquisa e produção de bens. Para os geradores de resíduos industriais na construção civil, tem-se a obrigatoriedade da implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos por parte de empresas privadas.

Observa-se que essa legislação trata de resíduos sólidos urbanos de forma consonante com as diretrizes do PNRS e CONAMA, abordando ainda orientações para o manejo de outros tipos de resíduos especiais, perigosos e radioativos.

2.6 Resíduos de construção civil no BRASIL

No Brasil, país com dimensões continentais, este o RCC é conhecido como entulho, calça ou metralha. Numa linguagem mais técnica, o Resíduo da Construção Civil (RCC) é todo resíduo gerado no processo construtivo, de reforma, escavação ou demolição. Trata-se, portanto, do conjunto de fragmentos ou restos de tijolo, concreto, argamassa, aço, madeira, etc., proveniente do desperdício na construção reforma e/ou demolição de estruturas, como prédios, residências e pontes (ABRECON, 2018).

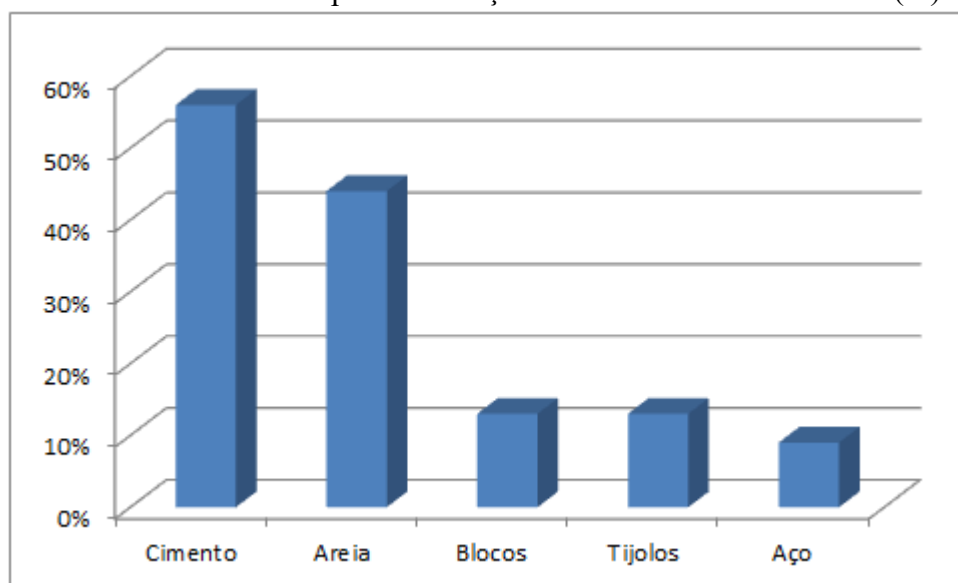
A indústria da construção civil é um setor produtivo que possui considerável papel na economia do Brasil. Atualmente, é a maior consumidora de recursos naturais da sociedade, absorvendo de 20 a 50% desses recursos explorados no mundo (JHON, 2001).

Há um crescimento na participação dos RCC's no país, uma vez que diversas pesquisas realizadas mostram que o RCC representa 50% dos resíduos produzidos nas cidades brasileiras (CABRAL, 2007). No mundo, a construção civil é responsável por uma variação entre 15 e 50% do consumo dos recursos naturais extraídos. No Brasil, em volta das grandes cidades, areia e agregados naturais começam a ficar escassos, inclusive graças ao crescente controle ambiental da extração das matérias-primas.

A construção civil consome cerca de 2/3 da madeira natural extraída. Vale destacar que algumas matérias-primas tradicionais da construção civil como cobre e zinco têm reservas mapeadas escassas, de acordo com o Instituto Centro de Capacitação e Apoio do Empreendedor (2015).

O Gráfico 1 desse Instituto mostra que 56% de perda de material dentro dos canteiros de obra brasileiros são de cimento, seguida da areia com 44% de perda, blocos e tijolos com 13%, e aço e concreto com 9%.

Gráfico 1. Materiais consumidos pela construção civil – canteiros brasileiros (%).



Fonte: Instituto Centro de Capacitação e Apoio do Empreendedor (2015).

O RCC está presente em todo tipo de obra, A construção civil não se destaca somente como indústria de grande impacto na economia, pois também é a responsável por produzir 50% dos Resíduos do País (SIENGE, 2017). No Brasil, estima-se que 61% do total de resíduos gerados sejam representados pelos RCC e 28% pelos resíduos domiciliares (CORRÊA, BUTTLER E RAMALHO, 2009). O entulho é gerado muitas vezes por deficiências nas atividades e processos da construção civil, por meio de falhas na execução de serviços e projetos, má qualidade dos materiais empregados, perdas e mau armazenamento, das reformas ou reconstrução (FROTA E MELLO, 2014).

Para minimizar o impacto causado pelo descarte de resíduos, a resolução no 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente classifica os diferentes tipos de resíduos gerados em obras de construção e determina possíveis destinos para cada um deles.

Os RCC podem ser reutilizados ou reciclados na própria obra como agregados, tais como: materiais cerâmicos, tijolos, azulejos, blocos, telhas, placas de revestimentos, argamassa, concretas e solos resultantes de obras de terraplanagem. Se não forem aproveitados na própria obra, esses resíduos devem ser encaminhados para usinas de

reciclagem ou aterros de resíduos da construção civil e armazenados de modo a permitir sua reutilização ou reciclagem futura (EQUIPE DE OBRA, 2011).

Dos resíduos das empresas pesquisadas em Manaus, 50% são de classe A. Isso significa que as empresas deveriam ter uma melhor gestão dos resíduos em seus canteiros de obras, pois os resíduos de classe A estão ligados diretamente aos desperdícios nas execuções das obras, (FROTA E MELLO, 2014).

2.6.1 Caracterização do RCC no Brasil

Os resíduos apresentam uma vasta diversidade e complexidade, sendo que suas características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com a fonte ou atividade geradora, sendo classificados em conformidade com a NBR 10004, (ABNT, 2004). O resíduo se apresenta na forma sólida, com características físicas variáveis que dependem do seu processo gerador, podendo apresentar-se tanto em dimensões e geometrias já conhecidas dos materiais de construção, como em formatos e dimensões irregulares.

É fundamental ressaltar a importância de classificar ou conhecer a fonte geradora desse entulho (construção, reforma, demolição ou desastres naturais) e, ainda, o porte da obra, sem deixar de mencionar a tipologia da construção (SILVA, 2014).

A composição do RCC é variável em função da região geográfica, da época do ano, do tipo de obra, dentre outros fatores. No Brasil, estimam-se que, em média, 65% do material descartado são de origem mineral, 13% são madeira, 8% são plásticos e 14% são outros materiais.

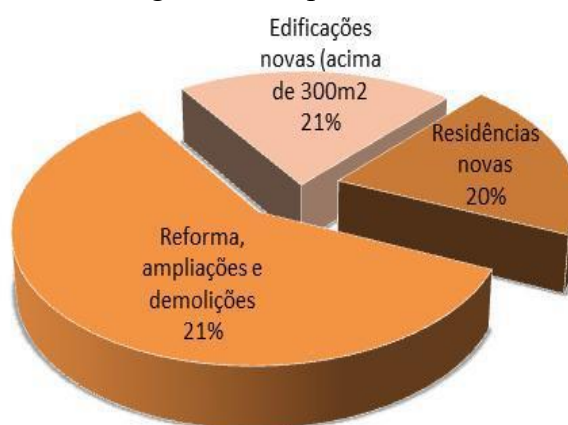
As construtoras são responsáveis pela geração de 20 a 25% desse entulho, sendo que o restante provém de reformas e de obras de autoconstrução (TECHNE, 2001).

A composição química está vinculada à composição de cada um de seus constituintes, sendo basicamente composto por: concretos, argamassas, pedras, cerâmica, cerâmica esmaltada, solos, areia e argila que podem ser facilmente separados dos outros materiais por peneiramento; asfalto, metais ferrosos, madeiras, passíveis de reciclagem,

embora esse processo nem sempre apresente vantagens que possam ser suportadas pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico.

Conforme o Gráfico 2, a maior porcentagem de RCC está vinculada a reformas, ampliações e demolições que são feitas nos municípios brasileiros, atingindo 58%, mais da metade do RCC do Brasil (CARNEIRO, 2001).

Gráfico 2. Origem dos RCC em alguns municípios brasileiros.



Fonte: Frota e Mello, 2014.

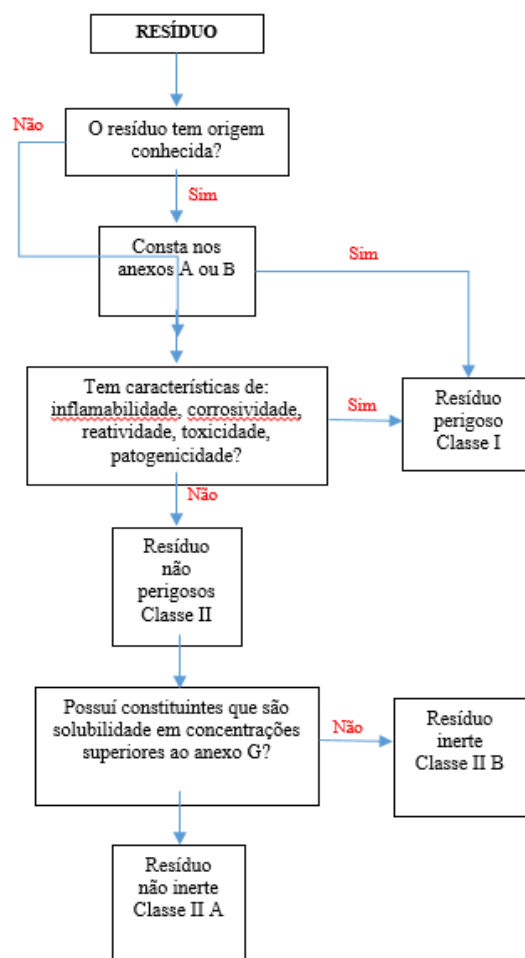
As propriedades físico-químicas dos resíduos dependem das propriedades da matéria-prima, origem mineralógica, processo operacional e sua eficiência.

Sendo assim, fica evidente que, com base nas características desses resíduos gerados a partir de diferentes processos, eles têm bons potenciais de reciclagem e utilização nos países em vários componentes de construção de valor agregado (PAPPU, SAXENA E ASOLEKAR, 2007).

De acordo com a Figura 4, a classificação de resíduos sólidos envolve primeiramente a identificação do processo de onde o mesmo foi gerido, ou a sua origem, mostrando suas características que podem causar impacto na saúde e no meio ambiente.

A identificação da origem dos resíduos é uma parte importante para que sua classificação seja avaliada na caracterização a qual deve ser estabelecida de acordo com as matérias-primas, os insumos e o processo que lhe deu origem (ABNT NBR 10004:2004).

Figura 4. Caracterização e Classificação de Resíduos



Fonte: ABNT NBR 10004: 2004.

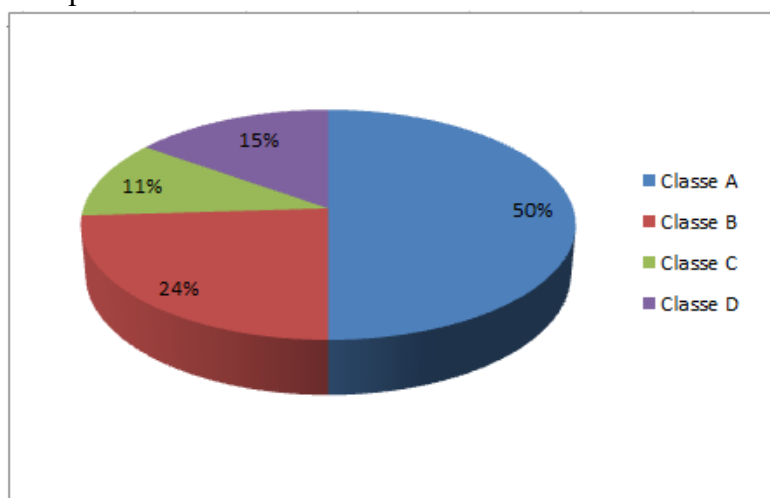
De acordo com SIENGE (2017), a composição dos resíduos sólidos da construção civil é classificada conforme resolução do CONAMA 307 Art. 3°. Ou seja, na prática, os resíduos da construção resumem-se a materiais cerâmicos, argamassa e seus componentes que representam em média 90% de todos os resíduos gerados em obras, conforme a Tabela 2 e Gráfico 3 do SIENGE:

Tabela 2. Posição dos Resíduos Sólidos da Construção Civil

Classe	Descrição do Resíduo	Exemplo
A	Materiais que podem ser reciclados e reutilizados como agregado em obras de infraestrutura, edificações de obras;	Tijolos, telhas e revestimentos cerâmicos, blocos e tubos de concreto e argamassa;
B	Materiais que podem ser reciclados e ganhar Outras destinações	Vidro, gesso, madeira, plástico, papelão e outros.
C	Itens para o qual não existe ou não é viável aplicação econômica para recuperação ou reciclagem	Estopas, lixas, panos e pincéis desde que não tenham contato com substâncias o classifiquem como D.
D	Aquelas compostas ou em contato de materiais/substâncias nocivas à saúde	Solventes e tintas, telhas e materiais de amianto, entulho de reforma em clínicas e instalações industriais que possam estar contaminados.

Fonte: SIENGE, tudo sobre os resíduos sólidos da construção civil, 2017

Gráfico 3. Resíduos por Classe – Manaus



Fonte: Frota e Mello, 2014.

2.6.2 A Reutilização do RCC no Brasil

No artigo intitulado “Reutilização de resíduos de construção civil e demolição na fabricação de tijolo cerâmico”, MATUTI e SANTANA (2009) apontam que os resíduos de construções e demolições representam de 40% a 70% de todos os rejeitos sólidos nas cidades brasileiras de médio e grande porte. A produção anual gira em torno dos 84 milhões de m³, e menos da metade dessa quantidade (cerca de 50%) é reciclada (NIERO, 2016).

As fontes geradoras de RCC são permanentes, pois sempre existirão obras sendo executadas, dando lugar a reformas e demolições, segundo os mesmos autores. O uso das edificações contribui em maior ou menor escala para impactar o meio ambiente, uma vez que consome energia elétrica para iluminação, condicionamento de ar, aquecimento interno, acionamento de motores etc., e grande quantidade de água para diversas finalidades (MENEZES, 2011).

Eles acrescentam que podem ser destacadas algumas causas de geração desses resíduos. Dentre esses, Figuram reforma de construções existentes, demolição de construções existentes, superprodução, perda de processamento, construções defeituosas que demandam a demolição e reconstrução; usa de materiais com vida útil reduzida, como estruturas de concreto pré-moldadas; falta de qualidade dos serviços ou bens da construção que podem gerar perdas materiais; urbanização desordenada que gera construção falhas que demandam adaptações e reformas, o aumento do poder aquisitivo da população que facilita o desenvolvimento da construção civil e os desastres naturais ou provocados pelo homem (SIENGE, 2017).

O RCC é gerado principalmente na fase de vedações e acabamento, devido, em grande parte, a deficiências no planejamento da execução dessas etapas. Na tentativa de minimizar a distância entre projeto e execução, foram desenvolvidos métodos de racionalização construtiva (LACÔRTE, 2013).

A geração do resíduo é bem significativa, podendo representar mais da metade dos resíduos sólidos urbanos. Estima-se que a geração se situa em torno de 450 kg eles acre g hab.-1 ano -1, variando, naturalmente, de cidade para cidade de acordo com a oscilação da economia (CASTRO, 2012).

Em linhas gerais, os RCC são gerados em três etapas distintas: a construção, a manutenção e a demolição. A indústria da construção civil destaca-se como uma grande geradora de resíduos, e a quantidade destes são diretamente proporcionais ao grau de desenvolvimento de uma cidade, resultado da maior atividade econômica e dos hábitos de consumo decorrentes, espaços para trabalho, moradia e lazer (SILVA, 2014).

De acordo com a Tabela 3, entre 2015 e 2016, ocorreu uma redução de 2% do RCC coletados no Brasil. Isso significa que, em alguns municípios brasileiros, as coletas não estão sendo feitas de maneira adequada, impactando no aumento da quantidade de RCC. Os estados que influenciaram nessa redução foram os das regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste.

Tabela 3. Quantidade total de RCC coletado pelos municípios no Brasil (t. dia¹) nos anos de 2015 e 2016.

Região	2015	2106
Brasil	123.721	123.619
Norte	4.736	4.720
Nordeste	24.310	24.387
Centro-Oeste	13.916	13.813
Sudeste	64.097	63.981
Sul	16.662	16.718

Fonte: ABRELPE, Panorama dos resíduos sólidos do Brasil, 2016

Quando observados os Resíduos da Construção Civil, nota-se que a reciclagem está muito abaixo do esperado. Países como a Holanda reciclam cerca de 90% desses resíduos, enquanto no Brasil recicla apenas 21%.

Em todo o país existem 310 usinas de reciclagem, porém apenas 74% operam com plenamente. Ou seja, o potencial de crescimento da reciclagem de RCC é muito grande, mas ainda falta o incentivo do governo, conhecimento do mercado e resíduos de qualidade (ZORZETO, 2017).

Os três principais tipos de materiais derivados da maioria do RCC são concreto triturado, alvenaria triturada e resíduos mistos de demolição. Após esmagamento e beneficiamento em reciclagem, os agregados resultantes podem ser atribuídos a quatro tipos: agregados de concreto reciclado, agregados de alvenaria reciclado, agregados reciclados mistos, agregados reciclados da construção civil (SILVA, 2014).

O processo de reciclagem para a obtenção de agregados basicamente envolve a seleção dos materiais recicláveis e a trituração em equipamentos apropriados.

Os resíduos encontrados predominantemente que são recicláveis para a produção de agregados pertencem a três grupos, conforme a Tabela 4 (ABRECON, 2018).

Tabela 4. Produção de Agregados – Classificação

Grupo I	Grupo II	Grupo III
Materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.	Materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos e azulejos.	Materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem.

Fonte: ABRECON, 2018

Alguns materiais são reusados para o mesmo propósito, como, por exemplo, madeiras de escoramento, portas, janelas, telhas, etc. Outros materiais são reusados para propósitos diferentes como, por exemplo, embalagens, tijolos quebrados, cerâmica etc. A Tabela 5 mostra as formas de reciclagem dos RCC.

Tabela 5. Reciclagem dos Resíduos

Madeira	Produção de chapas de madeira aglomerado ou, em casos mais raros, usada na alimentação de fornos
Materiais Cerâmicos	Os materiais são britados e reaproveitados como agregado
Materiais Cimentícios	Os materiais são britados e reaproveitados como agregado
Metais	Encaminhados como sucata para depósitos de ferro-velho ou siderúrgicas
Plásticos	Após processar o material, podem recolocá-lo no mercado, inclusive em outras utilizações, como embalagens
Outros	Gesso, tecidos, papéis: podem ser processados nas indústrias especializadas em cada tipo de material

Fonte: Instituto e centro de capacitação e apoio ao empreendedor, 2015

Atualmente, a área dos materiais cerâmicos tem sido amplamente estudada, a fim de se obterem novos materiais a partir de matérias-primas alternativas. Já os resultados com o resíduo do vidro indicaram que esse tipo de resíduo tem potencial para o uso em cerâmica vermelha devido ao seu caráter inerte e seu poder como material fundente. (CALDAS, 2012).

Há estudo da influência da adição do resíduo de cinzas de bagaço de cana de açúcar nas propriedades tecnológicas da cerâmica vermelha. Utiliza-se, assim, o resíduo de cinza como matéria-prima alternativa para substituição parcial da argila.

Foram estudadas cinco formulações com 0,5, 10, 15 e 20 % em peso de resíduo misturado com argila caulinitas. A temperatura estudada foi de 1000°C, e as propriedades analisadas foram retração linear, absorção de água, massa específica aparente, porosidade aparente e resistência à compressão.

Os resultados desse trabalho mostraram que o resíduo pode ser utilizado como matéria prima alternativa, pois influencia positivamente na resistência mecânica em incorporações de até 10% (FARIA, 2012).

Utilizando o RCC na incorporação de tijolo cerâmico, têm-se os ensaios de resistência à compressão, concluindo que, na temperatura de 900 °C, próxima da temperatura atingida nos fornos à lenha utilizados para produção de tijolos, todas as composições apresentam resistência à compressão superior a 4 MPa., ou seja, tijolo maciço. Além disso, a composição com 40% de RCC apresenta essa resistência (> 4 MPa) para todas as temperaturas de queima, sendo, dessa forma, a composição mais indicada para a produção de tijolos maciços.

Os resultados indicam que é possível a utilização do RCC com essa argila para a produção de tijolos cerâmicos, obtendo-se um material cerâmico com boas propriedades físicas. Os corpos de provas com 40% de RCC e temperatura de queima de 900 °C apresentaram excelentes propriedades, podendo ser considerados a composição e temperatura ideais.

A reutilização do RCC diminui o consumo de argila e o impacto ambiental devido ao imenso volume descartado inadequadamente (GASPARETO, 2017).

Ao utilizar resíduos como matéria prima em substituição aos materiais tradicionais, é necessário que esse insumo apresente padrões compatíveis com a sua utilização. Nos casos em que o material reciclado e o natural têm o mesmo custo, o diferencial será a qualidade do produto, de forma a garantir que o produto seja ambientalmente correto (CARNEIRO, 2001).

2.7 Impactos gerados pelos RCC's

É cada vez mais constante a preocupação da sociedade com o meio ambiente. Governos, empresas e pesquisadores vêm se empenhando na busca por alternativas que visem minimizar os efeitos resultantes das atividades econômicas, como mudança dos padrões de consumo da população e o controle dos processos produtivos, almejando reduzir o uso de matéria prima e geração de resíduos. Um tipo de resíduo que merece atenção é o oriundo da indústria da construção civil, pois gera muitos impactos (SANTOS, 2012).

2.7.1 Os Impactos Ambientais: Definição

O termo “impacto ambiental” é encontrado frequentemente na imprensa e no dia a dia e é, na maioria das vezes, relacionado a danos à natureza. Porém, ainda que esse significado faça parte da noção de impacto ambiental, ele abrange apenas uma parte do conceito (SÁNCHEZ, 2013).

A resolução nº 001 do CONAMA, de 23 de janeiro de 1986 (BRASIL, 1986) considera impacto ambiental como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - As atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

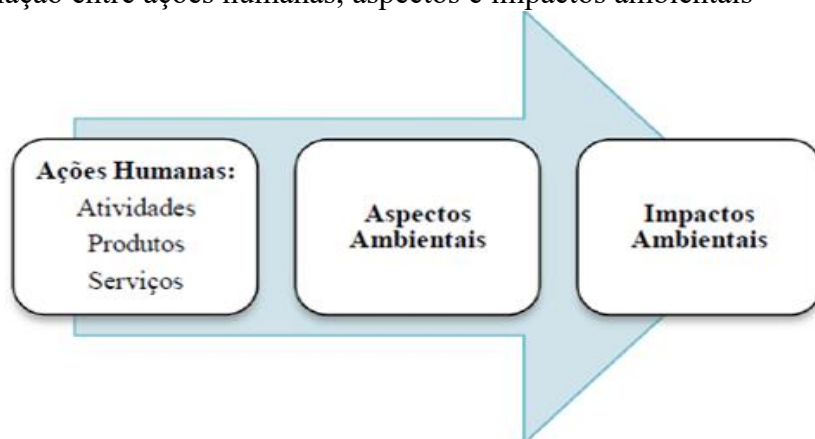
V - À qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, Artigo 1º).

A NBR ISO 14001 (ABNT, 2004) define impacto ambiental como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização.

Aspecto ambiental pode ser entendido como o modo pelo qual uma ação humana causa um impacto ambiental. Por exemplo, a geração de resíduos sólidos não é o objetivo das atividades humanas, mas esse aspecto está inseparavelmente ligado aos processos produtivos.

A geração de resíduos não é um impacto ambiental. Considera-se um impacto a alteração na qualidade ambiental que resulta dessa geração. É a manifestação no receptor, seja este do meio físico, biótico ou antrópico (SÁNCHEZ, 2013), conforme mostra a Figura 5.

Figura 5. Relação entre ações humanas, aspectos e impactos ambientais



Fonte: SÁNCHEZ, 2013

Portanto, é importante conhecer os aspectos ambientais e entender suas consequências, pois dessa forma é possível compreender os impactos ambientais, priorizá-los e formular as diretrizes para eliminar ou diminuir as interferências negativas causadas ao meio ambiente (ARAÚJO, 2009).

2.7.2 Os Impactos nas Condições Estéticas e Sanitárias do Meio Ambiente

Os principais impactos ambientais relacionados ao RCC estão associados à disposição irregular e têm como característica típica a conjunção de efeitos deteriorantes do ambiente local. Tais efeitos se multiplicam pelo espaço urbano e é nos bairros periféricos, ocupados por população de menor renda, que esses efeitos são mais acentuados (PINTO, 1999).

Segundo Pinto (1999), alguns dos impactos demonstram um vasto comprometimento da qualidade do ambiente e da paisagem local. São exemplos os prejuízos às condições de tráfego de pedestres e veículos mostrados nas Figuras 06 e 07.

Figura 6. Deposição irregular de resíduos de construção em São Caetano – SP.



Fonte: Pinto, 1999

Figura 7. Deposição irregular de resíduos de construção em Belo Horizonte – BH.



Fonte: Pinto, 1999

Além disso, as deposições irregulares de RCC atraem outros tipos de resíduos sólidos. Geralmente, são atraídos resíduos volumosos, resíduos vegetais e outros resíduos não inertes que aceleram a deterioração das condições ambientais locais, como mostra a Figura 8.

Figura 8. Coexistência de RCC, lixo domiciliar volumosos em local de descarte clandestino em Aracajú- SE.



Fonte: Carvalho, 2008

A disposição irregular de RCC's ao longo dos cursos d'água pode causar obstrução no sistema de drenagem superficial e a obstrução de córregos, um dos componentes mais importantes do sistema de drenagem, gerando um ambiente propício a enchentes. Devido a essa disposição incorreta, necessita-se de desobstrução contínua do sistema de drenagem.

Um estudo no município de Santo André – SP mostrou que todas as grandes deposições irregulares existentes no município se situam à margem de algum córrego.

As Figuras 9 e 10; Exemplifica Impactos por deposição irregular em diadema – SP - obstrução do córrego dos meninos em Santo André e São Bernardo (PINTO, 1999).

Figura 9. Impactos por deposição irregular em diadema - SP



Fonte: Pinto, 1999

Figura 10. Obstrução do córrego dos meninos em Santo André e São Bernardo – SP.



Fonte: Pinto, 1999

Os RCC's podem conter substâncias perigosas, como adesivos, tintas, óleo, baterias, biocidas incorporados a madeiras tratadas, sulfatos provenientes da dissolução de gesso, e outros, agravando o impacto da contaminação do solo, águas e ar (DEGANI, 2003).

Segundo Pinto (1999), é relativamente baixa, na composição dos RCC, a presença de resíduos perigosos (produtos ácidos, inflamáveis e outros). No entanto, sua importância não deve ser inferiorizada, sendo necessário proceder e tratar essa parcela adequadamente.

Os resíduos perigosos de acordo com o Quadro 1, podem impactar o meio ambiente de diversas maneiras, como, por exemplo, pela contaminação química do solo por penetração de substâncias tóxicas, como tintas e solventes; deterioração da qualidade do ar pelo desprendimento de gases tóxicos, como compostos orgânicos voláteis; poluição de águas subterrâneas, pela percolação de resíduos perigosos pelo solo, atingindo o lençol freático; e alteração das condições de saúde do trabalhador, por exemplo, pela inalação ou manejo inadequado de substâncias nocivas à saúde (ARAÚJO, 2009, p.74).

Quadro 1. Materiais perigosos presentes em determinados tipos de RCC

Categorias de Resíduos Perigosos	Exemplos
Sobras de materiais utilizados em construção e recipiente vazios	Adesivos, latas de pintura, solventes, tanques de combustíveis
Lubrificantes de maquinário e combustível	Lubrificantes, óleo e graxas
Constituintes inseparáveis de itens volumosos	Formaldeído presente no carpete, sulfato em paredes de gesso
Contaminantes encontrados na madeira	Pinturas, preservativos, adesivos e resinas, aditivos químicos
Outros itens encontrados de forma discreta	Baterias, bulbo fluorescente e aparelhos

Fonte: ICF 1995, apud morais, 2006

Outro impacto negativo é a queima de resíduos nos canteiros de obra. Essa queima que não está prevista na resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002) provoca impacto decorrente da liberação de gases tóxicos, além de prejudicar a qualidade do ar. Pode-se citar como exemplo a queima da madeira pintada que é uma fonte de contaminação por chumbo (ARAÚJO, 2009).

De acordo com a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade é proibida como forma de destinação final (BRASIL, 2010).

Os impactos provocados pela disposição irregular dos resíduos sólidos da construção civil não se restringem apenas aos impactos no meio físico. Também podem ocorrer impactos nas vias de trânsito, com prejuízo tanto para pedestres como veículos,

impactos relacionados à multiplicação de vetores e impactos econômicos (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).

2.7.3 Impactos na Saúde da População

Segundo Schneider (2003), os RCC's dispostos inadequadamente constituem uma séria ameaça à saúde pública. O acúmulo em local inadequado atrai resíduos não inertes, oferecendo assim água, alimento e abrigo, favorecendo a criação de habitat de muitas espécies de vetores de patógenos, como ratos, baratas, moscas, vermes, bactérias, fungos e vírus. Estes vetores Quadro 2, podem ser responsáveis pela transmissão de doenças respiratórias, epidérmicas, viroses, entre outras.

Quadro 2. Vetores relacionados à disposição inadequada de resíduos sólidos e doenças transmitidas.

Vetores	Doenças
Mosca	Febre tifoide, Salmonelose, disenterias
Mosquito	Malária, febre amarela, dengue
Barata	Febre tifoide, cólera, amebíase
Ratos	Leptospirose, diarreias, disenterias
Suínos	Cisticercose

Fonte: Rocha (1997) apud Shneider (2003).

De acordo com Pinto (1999), para a visualização desse impacto, é interessante observar o resultado do levantamento realizado junto à Coordenadoria de Vigilância Epidemiológica da Secretaria de Higiene e Saúde da Prefeitura Municipal de São José do Rio Preto / SP, como mostrado na Tabela 6: a distribuição das ocorrências de vetores em áreas de descartes de RCC, as características de 94 atendimentos realizados em 1996 junto às essas áreas de descarte.

Tabela 6. Distribuição das ocorrências de vetores em áreas de descartes de RCC em São José do Rio Preto – 1996.

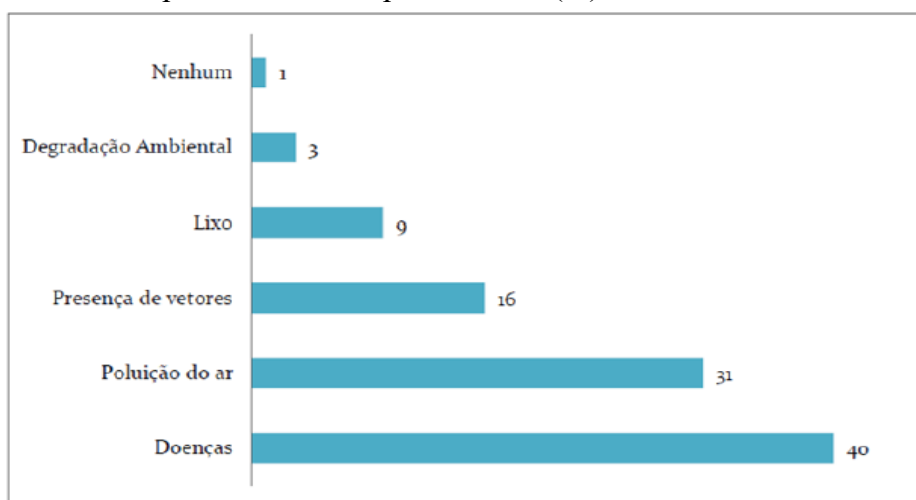
Vetores	Participação
Pulgas, carrapatos, piolhos e percevejos	51,3%
Escorpiões	25,7%
Ratos	9,5%
Baratas	8,1%
Moscas	5,4%

Fonte: Pinto, 1999

Em uma pesquisa realizada em Fortaleza por Mayorga *et al.* (2009), 94% dos entrevistados afirmaram que houve um aumento do número de roedores, insetos e animais peçonhentos na comunidade após as deposições de entulho e 86% declararam que o número de casos de doenças também aumentou após a deposição de entulho.

Perguntados sobre qual o maior impacto que a disposição irregular de RCC causa na comunidade, 40% responderam que é o aumento do número de casos de doenças, como mostra o Gráfico 4. Mayorga et al. (2009) afirmam que “isso é um grave impacto social na medida em que afeta o bem-estar da população, como também um impacto econômico, pois aumenta a demanda nos hospitais, provavelmente ocasionando um aumento nos custos da secretaria de saúde do município”.

Gráfico 4. Maiores Impactos Causados pelos RCC's (%)



Fonte: Adaptado de Mayorga et al, 2009.

2.7.4 Os Impactos nas Atividades Sociais e Econômicas

De acordo com Pinto e González (2000), além dos impactos negativos já citados, como o prejuízo ao ambiente e à qualidade de vida, os RCC geram custos sociais interligados, pessoais ou públicos.

Os serviços considerados informais (reforma, ampliação e demolição) constituem parcela significativa na geração de pequenos volumes de resíduos. Na ausência de soluções

para a captação desses resíduos, seus geradores ou pequenos coletores buscarão áreas livres nas imediações para a deposição do RCC.

Mesmo não havendo aceitação da vizinhança, esses locais firmam-se como sorvedouro de entulho que, por sua vez, acabam atraindo qualquer tipo de resíduo para o qual não exista solução de captação frequente. Não existindo solução de captação frequente, a administração pública torna-se obrigada a impor uma rotina de correção (PINTO, 1999).

Carvalho (2008) exemplifica essa prática na Figura 11, na qual o carregamento dos RCC's dispostos irregularmente é feito por equipamento mecânico, com auxílio dos agentes de limpeza, e o uso de caminhão para transporte do material até o aterro. Afirma ainda que, apesar da gestão corretiva ser bem executada nas coletas diárias de resíduos, é necessário que a municipalidade desembolse altos recursos na sua execução.

Figura 11. Ação Corretiva do Poder Público Municipal de Aracaju

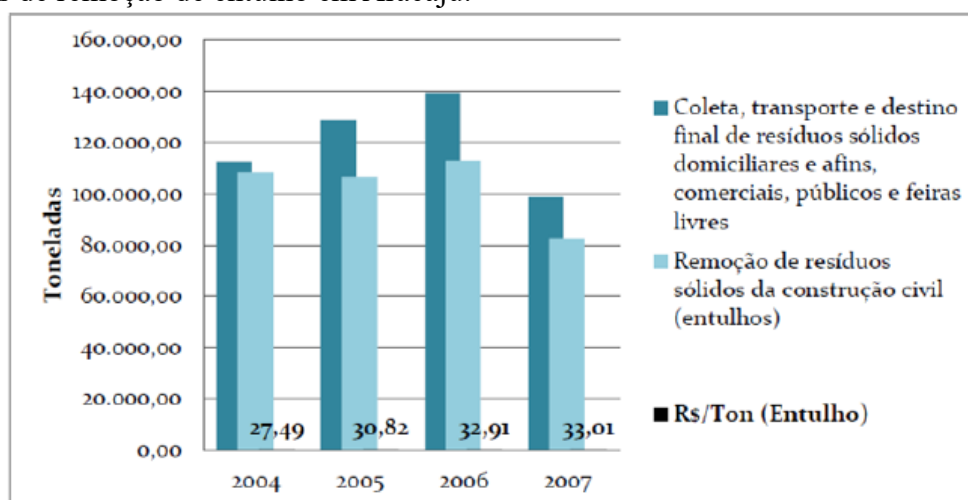


Fonte: Carvalho, 2008

Ainda de acordo com Carvalho (2008), há crescimento nos gastos com esse tipo de gestão corretiva. No município de Aracaju, o dispêndio anual saltou de R\$ 3.712.771,74 em 2006 para aproximadamente R\$ 4.081.165,00 em 2007.

O Gráfico 5 apresenta os valores referentes aos custos com a remoção de entulhos, sendo que os custos de despesas com resíduos domiciliares e afins servem para efeito de comparação.

Gráfico 5. Resumo de volumes de resíduos coletados e gastos públicos municipais com serviços de remoção de entulho em Aracaju.



Fonte: Adaptado de Carvalho (2008).

Vários desses impactos dificilmente podem ser fixados em termos financeiros, mas os custos diretos das atividades corretivas de limpeza urbana podem ser determinados, conforme Tabela 7. Na determinação dos custos locais, detalhes como os equipamentos, o pessoal alocado nas atividades de remoção, a disposição em aterro ou bota-fora, a fiscalização e o controle de zoonoses devem ser levados em consideração (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).

Tabela 7. Componente dos Custos da Gestão Corretiva em Alguns Municípios

Componentes	Belo Horizonte 1993	Ribeirão Preto 1995	São José dos Campos 1995
Mão de obra para coleta	1,7%	Não disponível	53,0%
Veículos e máquinas para coleta	50,1%	52,1%	42,0%
Manejo em aterro ou bota-fora	25,2%	36,2%	Não disponível
Fiscalização	9,9%	10,7%	4,0%
Combate a vetores	0,1%	1,0%	1,0%
Custos indiretos	13,0%	Não disponível	Não disponível

Fonte: Pinto 1999

É importante ressaltar que o processo corretivo influencia diretamente na composição dos custos. Os municípios de Belo Horizonte e Ribeirão Preto apresentam composições próximas, pois utilizam processos corretivos semelhantes, baseado na remoção mecânica. Já o processo do município de São José dos Campos baseia-se em remoção manual, o que justifica os altos custos com mão de obra. Outro fator que exerce influência sobre o processo é a distância dos aterros ou bota-foras e a estrutura viária utilizada (PINTO, 1999).

Uma parcela relevante dos gastos com ações corretivas da disposição irregular dos entulhos deve-se ao uso de equipamentos totalmente inadequados. É comum o uso de equipamentos pesados, como pás carregadeiras e caminhões basculantes na remoção de resíduos pouco volumosos por não haver alternativa (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).

No entanto, tais valores revelam apenas custos apropriáveis, não expressando o fato de que “... a deterioração causada pelos impactos ambientais não pode ficar fora do cálculo econômico como uma externalidade, especialmente para fins de política de governo, uma vez que a perda ambiental configura um prejuízo real, físico” enquanto “... destruição do capital da natureza.” (CAVALCANTI *et al.*, 1996 *apud* PINTO, 1999).

2.8 Os Impactos Positivos: Benefícios da reutilização dos RCC's

Para Pinto (1999), a atividade construtiva se caracteriza pela enorme geração de resíduos, mas também como grande consumidora dos resíduos gerados por ela mesma. Paiva (2005) salienta que a indústria da construção civil afeta o meio ambiente através da retirada de matéria-prima não retornável, como: areia, cal, ferro, alumínio, madeira, água potável bem como a geração de entulho. Com isso, novas tecnologias da construção estão sendo criadas, entre elas: a reciclagem dos entulhos. Conforme as Figuras 12 e 13.

A reciclagem é uma excelente alternativa para a redução dos impactos ambientais negativos causados por esses resíduos. Essa alternativa apresenta vantagens em várias questões, como a redução das chances de deposição em locais inadequados e a contribuição na diminuição dos aterros de inertes. Além disso, possibilita a diminuição de custos com a

destinação e o emprego de agregados reciclados, em substituição a novas matérias-primas extraídas do meio ambiente (TORRES, 2015).

Figura 12. Pavimentação com piso intertravados em São Carlos – SP.



Fonte: PROHAB (2015).

Figura 13. Bloco de concreto composto com material reciclado.



Fonte: PROHAB (2015).

Segundo John (2000), a maior contribuição ambiental que a reciclagem de RCC pode trazer é a preservação de recursos naturais que, quando substituídos por resíduos, podem prolongar a vida útil das reservas naturais e reduzir a destruição da fauna e da flora. Ressalta ainda que essa contribuição é importante mesmo onde há matéria-prima

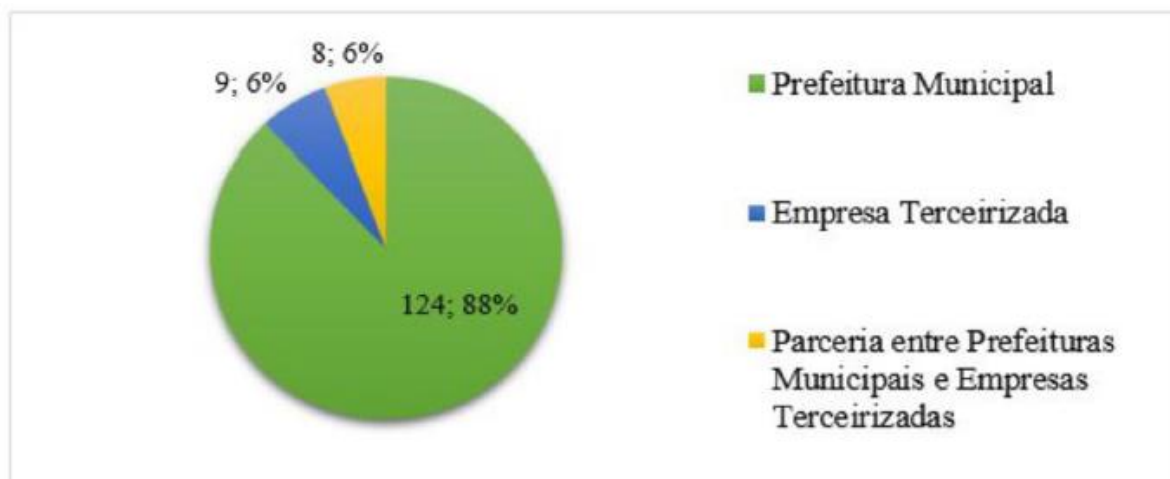
abundante, pois a extração destas prejudica a paisagem e pode afetar o ecossistema. Outro aspecto positivo citado pelo autor é que a reciclagem motiva a geração de empregos.

2.9 Gestão de Resíduos da Construção Civil no Estado de Mato Grosso

Segundo estatísticas de 2008 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), todos os 141 municípios do estado de Mato Grosso possuem sistema de manejo de resíduos sólidos. Destes, em 124 (88% dos municípios), o serviço é executado pela Prefeitura Municipal.

Nas demais cidades mato-grossenses, os sistemas são de total ou parcial responsabilidade das empresas terceirizadas, conforme disposto o Gráfico 6. Observa-se que nenhuma delas apresentou instrumento legal regulador do serviço até o momento do levantamento dos dados pelo IBGE.

Gráfico 6. Órgão responsável pelo manejo de resíduos sólidos nos municípios de Mato Grosso.

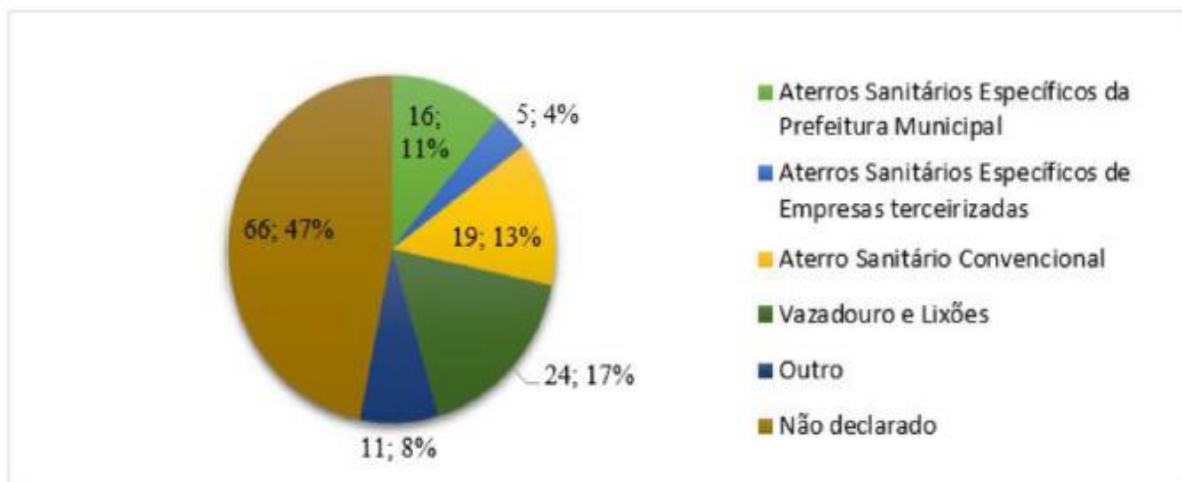


Fonte: IBGE, 2008

O IBGE verificou também que apenas 16 desses municípios (11%) possuem aterros sanitários controlados pela Prefeitura, realizando, assim, a destinação ambientalmente correta de resíduos especiais. Outros cinco municípios (4%) destinam os resíduos para aterros terceirizados. Verificou-se ainda que 30% das 43 cidades descartam esses resíduos nos aterros ou vazadouros misturados com os demais resíduos sólidos coletados. Os demais

77 municípios não forneceram dados ou declararam que possuem outras formas de destinação para esses resíduos. Os dados são apresentados no Gráfico 7.

Gráfico 7. Áreas para destinação para resíduos sólidos especiais gerados nos municípios de Mato Grosso



Fonte: IBGE, 2008

Segundo o IBGE (2008), apenas três cidades contam com coleta seletiva. Dois municípios participam de consórcios intermunicipais ou inter-federativos com ações e programas voltados ao manejo e deposição final de resíduos sólidos; em 49 municípios constata-se a presença de catadores e carroceiros circulando na zona urbana. Com relação a coletores que trabalham nas unidades de triagem de resíduos, esse número cai para 40 cidades.

De acordo com os indicadores de 2017 publicado pela Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso (SEPLAN), a taxa percentual de domicílios particulares permanentes com lixo coletado diretamente no ano de 2015 corresponde a 81,56%, enquanto em 2005, esse índice era de 71,86%.

No relatório publicado em 2015, a ABRECON apresentou dados estatísticos referentes à reciclagem de RCC no cenário nacional brasileiro. Dentre os dados levantados, destacou-se que, das 105 usinas de reciclagem pesquisadas, apenas 1% se concentra no estado de Mato Grosso. A mesma organização ainda aponta que o real número de empresas

que realizam processamento e reaproveitamento de RCC é maior do que o citado acima, porém não foi possível a coleta dos dados para incluí-las no referido relatório.

É importante ressaltar que boa parte dos municípios mato-grossenses que dispõem do Plano Municipal de Saneamento Básico ou Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, em geral, trata e estabelece diretrizes para a gestão de RCC e outros resíduos industriais, especiais e/ou perigosos. Porém, o único município que possui legislação específica voltada para os resíduos de construção é SINOP, com a Lei Ordinária nº 2436, instituída em 30 de maio de 2017.

A Lei Ordinária nº 2436, instituída em 30 de maio de 2017, estabelece o sistema de gestão sustentável de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, sendo este último definido como “constituídos basicamente por material volumoso não removido pela coleta pública municipal: como móveis e equipamentos domésticos inutilizados, grandes embalagens e peças de madeira, resíduos vegetais provenientes da manutenção de áreas verdes públicas ou privadas e outros similares”.

A lei 2436/2017 também atribui ao gerador de resíduos a responsabilidade sobre a geração, caracterização, acondicionamento e destinação ambientalmente adequada, proibindo a disposição de resíduos classificados como perigosos no aterro municipal e prevendo as punições e sanções para as infrações de empresas e órgãos que não se adequarem aos parâmetros e princípios estipulados.

A partir da pesquisa bibliográfica, foi possível perceber a escassez de pesquisas acadêmicas realizadas a respeito da geração e gestão de RCC em municípios mato-grossenses. Foram encontrados estudos referentes aos municípios de Cuiabá, Várzea Grande e Barra das Garças.

No que se refere ao quantitativo de RCC produzidos em Barra das Garças – MT, foram encontrados os trabalhos de Moura et al. (2017) e Silva et al. (2017), cujas taxas de geração calculadas foram, respectivamente, de 0,30 t/hab./ano e 0,37 t/hab./ano. Ambas as pesquisas tiveram como foco os resíduos recolhidos pelas empresas particulares que alugam caçambas para a coleta e manejo de RCC.

A divergência entre as metodologias empregadas está relacionada ao levantamento de dados de forma separada para o período de seca e período de chuva realizado por Silva et al. (2017). A justificativa está pautada na redução da coleta de RCC durante a época de chuvas, sendo mais utilizada para o manejo de outros resíduos volumosos, como materiais orgânicos provenientes da limpeza de terrenos.

Tais números expressam um grande volume gerado e, mesmo estando abaixo da média nacional de 0,50t/hab./ano, ainda é um índice comparável a centros urbanos cujo processo de urbanização e desenvolvimento do setor da construção civil é tido como superior ao do município em questão. Moura et al (2017) destacam como principais fatores que influenciam nessa alta de índice a carência de uma Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil implementado e de atividades e ações voltadas para a não geração e redução de resíduos.

Outro fator importante a ser considerado está associado à inexistência de métodos e tecnologias para a triagem, reciclagem e reaproveitamento de RCC na cidade. O município de Rondonópolis – MT pode ser apresentado como exemplo mato-grossense por possuir tais sistemas e apresentar um índice de geração de resíduo significativamente menor com o valor de 0,16t/hab./ano (SILVA et al.,2017).

Os referidos trabalhos ressaltam que, nas taxas de geração obtidas, não foram computadas os RCC dispostos em áreas irregulares. De acordo com Silva et al. (2017), trata-se de um cenário encontrado com frequência, principalmente nos bairros periféricos das cidades.

Os autores ainda apontam a falta de conformidade para com a legislação vigente em relação à área de destinação oferecida pela Prefeitura Municipal. Essas áreas se apresentam na situação de lixão a céu aberto, nas quais também são dispostos outros tipos de resíduos sólidos urbanos, sem que sejam separados adequadamente, como exigido pela norma.

Esses fatores têm como consequências a degradação ambiental, distúrbios à limpeza e ao saneamento públicos e redução da qualidade de vida da população.

Já na pesquisa realizada por Naime, Abreu e Attilio (2013) foi encontrada uma taxa de geração de RCC no valor de 0,46t/hab./ano para o município de Cuiabá, sendo que o

cálculo foi realizado a partir da quantidade de resíduos recebida na Área de Transbordo e Transporte (ATT) da capital mato-grossense.

Os autores também analisaram o potencial econômico da reciclagem de RCC. Eles constataram que 6% dos resíduos produzidos que recebem essa destinação geram uma renda bruta de R\$ 12.000,00 apenas por realizar a triagem do material. Trata-se de um investimento bastante promissor do ponto de vista sustentável, já que traria benefícios ambientais e sociais, além do lucro.

No levantamento realizado por Dondo (2017), no qual foram analisados vários canteiros de obras de construções sob responsabilidade pública e privada localizadas nas cidades de Cuiabá e Várzea Grande, foram obtidos os respectivos índices de 0,49 e 0,61 t/hab./ano. O autor ressalta que a taxa de geração de RCC na capital é superior ao de Várzea Grande, sendo responsável pela produção de 64% dos resíduos produzidos. Contudo, a população da capital mato-grossense é maior, fazendo com que a geração per capita seja inferior ao do município vizinho.

Dondo (2017) ainda afirma que as diretrizes e exigências dispostas no Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos de Construção Civil e Resíduos Volumosos de Cuiabá não são efetivas, assim como as orientações e princípios da PNRS e do CONAMA são desrespeitados. Isso porque, na prática, as medidas coercitivas voltadas para as penalidades e sanções administrativas em casos de danos ambientais não têm eficiência e sofrem com a lentidão e burocracia do processo. Logo, as infrações cometidas acabam por ficarem impunes. O autor ainda aponta que, em nenhuma das obras estudadas, o gerenciamento dos RCC foi realizado de forma satisfatória e eficaz.

Além disso, destaca o pesquisador que: cerca de 80% dos RCC gerados nas áreas de estudo não é direcionada à ATT e reciclagem, sendo que o cenário encontrado não corresponde ao volume para o qual a infraestrutura foi projetada; a Prefeitura Municipal de Várzea Grande não possui instrumento jurídico que ofereça o apoio técnico, legal e operacional para a implementação da gestão adequada de RCC (DONDO, 2017).

Na pesquisa realizada por Alves et al. (2015), os autores realizaram o quantitativo da geração de resíduos sólidos produzidos pelos Departamentos existentes no Instituto

Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT – Campus de Cuiabá). Desse diagnóstico, verificou-se que o Departamento que apresentou maior produção foi o da Construção Civil devido ao descarte de RCC proveniente das atividades experimentais e laboratoriais do Instituto. EDITAL N°. 005/2008 - Componentes para Habitação de Interesse Social.

Esse mesmo estudo, em uma segunda etapa, realizou a aplicação de um formulário com o objetivo de avaliar a educação ambiental dos estudantes quanto ao autoconhecimento relacionado à geração de resíduos provenientes de suas ações e o manejo correto destes. Como resultado da análise, foi demonstrada a inconsciência e desinformação a respeito da temática por parte dos entrevistados.

Percebe-se, no geral, que as estatísticas e dados levantados demonstram alguns avanços quanto à abrangência do sistema de manejo de resíduos sólidos no estado de Mato Grosso como um todo, principalmente no que diz respeito a resíduos domiciliares. Mas, na outra ponta, expõem a necessidade de mais investimentos, planejamento de ações de cunho preventivo e consolidação dos instrumentos e diretrizes propostos pelo PNRS e PERS – MT para a gestão ambiental adequada e eficaz dos RCC produzidos no estado.

Tais percepções decorrem dos seguintes fatos, entre outros: apesar de todos os municípios disporem de sistema de coleta, a maior parte deles não destina os resíduos de forma adequada, sendo que apenas 15% deles o fazem em aterros sanitários para resíduos específicos; o índice extremamente baixo de concentração de áreas de triagem e usinas de reciclagem para RCC; ações complementares como a implementação de programas de incentivo e capacitação de carroceiros e coletores de resíduos, cuja importância está no auxílio ao sistema de manejo, evitando deposições irregulares em áreas urbanas, além da função social voltado para a educação ambiental da população, geração de empregos e dignidade desses profissionais; a pequena quantidade de cidades que participam de consórcios intermunicipais na busca de propor ações conjuntas para a solução das problemáticas apresentadas; e a própria escassez de pesquisas acadêmicas e dados estatísticos que tratam de forma específica municípios do estado de Mato Grosso e o estado de uma forma geral.

Naime, Abreu e Attílio (2013, p. 2905) destacam que, nesse sentido, pesquisas acadêmicas com temas relacionados ao diagnóstico do cenário da geração e gestão de resíduos da construção civil (RCC) são importantes não só para a comunidade acadêmica, mas também para o poder público, visto que “cada centro urbano é um caso diferente de outro e por conta destas condições os estudos comparados podem e devem ser estimulados, pois problemas específicos de um podem contribuir para a solução de dificuldades semelhantes em outro centro”.

2.9.1 Gerenciamento dos Resíduos de Construção e Demolição de Cuiabá-MT

O Núcleo Permanente de Gestão do PGRCD de Cuiabá, no desenvolvimento de suas atribuições gerenciais definidas pelo art. 48 do Decreto 4761/2009, apresentou o primeiro relatório gerencial referente ao período de abril a novembro/2010.

As informações descritas a seguir (Quadro 3 e 4) foram coletadas do Diagnóstico Geral sobre Resíduos Sólidos da Construção Civil, elaborado em outubro/2006 pela consultoria Informações e Técnicas (I&T). Consideradas taxas anuais para Cuiabá, foi encontrada a taxa de 0,46 (t/hab.ano), tendo sido encontrados para alguns municípios a variação de 0,38 a 0,68 (t/hab.ano).

Quadro 3. Estimativo final da quantidade de RCC gerado em Cuiabá (abril, 2006)

ESTIMATIVA	TONELADAS DIÁRIAS
Provável geração de RCD em novas edificações (Qedif.)	217
Massa de RCD coletada em reformas e ampliações (Qedif.)	367
Massa de RCD coletada pelo poder Público	201
Provável Geração total de RCD	785

Fonte: Seminfe I&t (PMC, 2006)

Quadro 4. Estimativa gravimétrica sobre a geração de resíduos sólidos de Cuiabá, por dia e por tipologia.

Vol.- Resíduos Volumosos (t/dia)	DOM.- Resíduos Domiciliares (t/dia)	RSS - Resíduos de Serviço de Saúde (t/dia)	RCD – Resíduos de Construção e Demolição (t/dia)	TOTAL (t/dia)
41,4	374,4	7,3	785,4	1.208,5
3%	31%	1%	65%	100%

Fonte: Seminfe, I&T (PMC, 2006)

Como mencionado anteriormente, a construção civil é uma das indústrias que mais utiliza recursos naturais e também é a maior geradora de resíduos, uma vez que a tecnologia construtiva adotada no Brasil favorece o desperdício de materiais. Foi citado também que um grande problema relacionado à construção civil é a geração que esses resíduos (RCC), ocupando grande volume para disposição final.

Dessa maneira, considerando que 13% das cidades brasileiras pesquisadas no censo de saneamento possuem aterros sanitários, 7% possuem aterros especiais e que, apenas, 5% possuem usinas de reciclagem, deve-se propor e programar métodos de tratamento de resíduos (IBGE, 2000).

Todavia, a destinação dos RCC não é o único problema ambiental provocado pela construção civil, pois a exploração de matérias-primas também causa grandes impactos ambientais. Estimativas de 2006 previram o consumo de 212 x 10⁶ t de areia de 146 x 10⁶ t de pedra britada, totalizando o consumo destes agregados em 1,9 t/hab./ano (DNPM, 2007) que foram utilizados para a produção do concreto, de argamassas, de lastros, entre outros. Esses agregados naturais representam recursos não renováveis e sua exploração causa impactos ambientais.

A obtenção da areia, um dos agregados muito utilizados na construção civil, se dá pela exploração de leitos de rios, o que causa impactos ambientais, e, como consequência, a degradação do curso d'água devido à retirada da camada vegetal. Embora os órgãos ambientais tenham restringidos essa atividade, a areia ainda possui um custo de aquisição muito competitivo, pois o extrator não paga pela matéria prima, ele paga somente pela atividade de extração e transporte.

Portanto, devido ao baixo custo, torna-se difícil a substituição desse material por outro de menor ou igual valor agregado. A exploração da pedra britada, outro agregado importante, é realizada pelo desmonte da rocha com explosivos que, posteriormente, torna-se britagem. Visando à diminuição dos impactos ambientais da exploração de minerais para a construção civil, existem estudos sobre a substituição tanto da areia quanto da pedra britada por materiais alternativos que não causem impactos ambientais.

Atualmente, os RCC's são reutilizados com função não estrutural e por isso se devem caracterizar as frações desse resíduo e reutilizá-los, substituindo, parcialmente ou totalmente, a areia e a brita. Assim, podem tornar-se agregados substitutos de baixo custo, sendo então competitivos economicamente além de gerar um grande benefício ambiental.

Como especificado pela Resolução CONAMA nº 307/02 (Conama, 2002), que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (RCC), os quais devem ser seguidos pelos geradores de resíduos, a disposição dos RCC's não pode ser feita em aterros sanitários, mas somente em aterros especiais. Considerando que apenas 17,32% dos municípios brasileiros têm aterros sanitários e 9,66% possuem aterros de resíduos especiais (IBGE, 2000), infere-se que grande parte dos RCC é disposta indevidamente.

Como consequência dessa resolução, alguns municípios criaram decretos que regulamentam Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Essa resolução estabelece que é de responsabilidade dos municípios a criação, implantação e acompanhamento das diretrizes especificadas nos decretos municipais os quais tornam obrigatório aos geradores a gestão do RCC, incluindo reciclagem, reaproveitamento e destinação de resíduos.

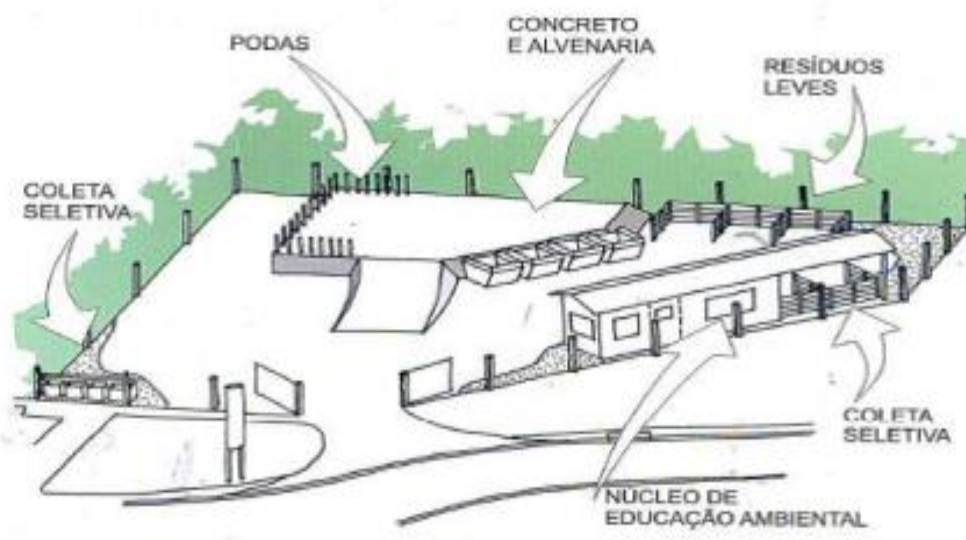
Em Cuiabá, a Lei Municipal nº4949/2007 instituiu o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos de Construção Civil e Resíduos Volumosos, contemplando também a implantação de 24 ecopontos que servirão para destinação de entulhos de até 1 m³ sem ônus para o pequeno gerador.

Conforme o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Volumosos, deverão ser construídos na área urbana pelo município 24 Pontos de Entrega

Voluntária (Ecopontos), um para cada bacia de captação (conjunto de bairros), para onde serão destinados resíduos volumosos e secos domiciliares com volume inferior a 1 m³.

Esses pontos deverão ser construídos e gerenciados pelo município, em parceria com as cooperativas de catadores, a fim de que apenas os rejeitos sejam coletados pela municipalidade e destinados aos aterros sanitários. A construção desses Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) é prioridade nesta fase de implementação do Plano, a fim de que as cooperativas tenham suas possibilidades de atuação ampliadas, e a comunidade tenha clareza dos locais para onde devem destinar esses resíduos. A estrutura física destinada às entregas voluntárias de RCC (<1m³), RV e RSD está projetada conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14. Layout básico do Eco Ponto



Fonte: PNSB (IBGE, 2010)

Essa Lei veio atender a resolução CONAMA nº 307, de 05/07/2002, que criou instrumentos para a superação dos problemas gerados pelos resíduos sólidos de construção civil e demolição nas áreas urbanas, definiu responsabilidades e deveres e abriu caminho para o preparo de normas técnicas, tanto para o correto manejo dos resíduos, como para seu uso pós reciclagem. Essa resolução impõe aos geradores a obrigatoriedade da redução, reutilização e reciclagem, quando, prioritariamente, a não geração dos resíduos não puder ser alcançada.

Mas, diante das características desses geradores (de 70 a 80% dos resíduos provêm de pequenas obras), foi definida, para os municípios e Distrito Federal, a necessidade de desenvolverem e implementarem Planos Integrados de Gerenciamento que possibilitem a expressão das responsabilidades dos geradores, diversificados em suas características.

Obedecidas às diretrizes gerais dessa resolução, caberá aos Municípios a definição da política local de gestão, assumindo a solução para o problema dos pequenos volumes, quase sempre mal dispostos, e disciplinando a ação dos agentes envolvidos com os grandes volumes de resíduos – definindo e licenciando áreas para o manejo dos resíduos em conformidade com a resolução, cadastrando e formalizando a presença dos transportadores desses resíduos, exigindo responsabilidades dos geradores, inclusive no tocante ao desenvolvimento dos planos específicos previstos na resolução 307/2002 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2002).

Em Cuiabá, o responsável por obras de construção civil poderá ser multado, caso não venha descartar os seus resíduos de construção corretamente, e a obra poderá ser embargada, como estabelece o Decreto Municipal nº 4.761, de 19 de fevereiro de 2009.

O decreto estabelece medidas, diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de obras realizadas na Capital. Segundo o decreto, os RCC deverão ser encaminhados a locais impróprios ou encaminhados para os aterros sanitários. O objetivo é disciplinar a coleta, o transporte e a disposição de resíduos da construção civil, estabelecer procedimentos para eliminação, redução, reciclagem e reutilização dos resíduos, além de incentivar ações educativas acerca das questões a estes relacionadas.

Nessa proposta, foi prevista a criação de centros de beneficiamento, reciclagem e disposição final dos materiais e a abertura de micro centros de recebimento e triagem de pequenos volumes, conforme a Figura 14.

A partir da lei municipal, criou-se, em Cuiabá, a primeira empresa para realizar a triagem, reciclagem e destinação final dos Resíduos de Construção Civil. Isso significou um grande avanço ambiental, demonstrando, por um lado, que os geradores e as transportadoras de entulhos não mais destinariam os seus resíduos em locais inadequados, algumas vezes em áreas de proteção ambiental e, por outro, que eram formalizados

procedimentos administrativos para a destinação correta de tais resíduos, envolvendo a Prefeitura Municipal, os geradores de resíduos e a empresa privada concessionária (ECO-AMBIENTAL), administração da Área de Triagem e Disposição dos Resíduos. Essa área de destinação dos resíduos foi devidamente licenciada no órgão ambiental estadual, estando apta a recepcionar os resíduos de construção civil.

Segundo o Núcleo Permanente de Gestão Integrada do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCD) de Cuiabá, através de Relatório de Monitoramento 02/2011, a estimativa de geração total de RCC era de que, em abril de 2006, 785 toneladas/dia dos resíduos seriam destinadas em locais inadequados tecnicamente, gerando poluição e prejudicando a paisagem urbana.

Essa condição acaba por agravar a situação ambiental urbana, pois as transportadoras regulamentadas repassam tal preço aos clientes. Já outras transportadoras deixam de dispor os resíduos no aterro, aumentando os pontos de disposição ilegal.

Considerando os dados apresentados pelo índice de triagem da ATT de Cuiabá, constata-se que o potencial econômico da reciclagem de tais resíduos em Cuiabá, com apenas (6%) do total de RCC gerado no município, é possível obter uma renda bruta de R\$12.000,00 com apenas a triagem desse material. Logo, o município deve estruturar uma política que conceba a triagem e a reciclagem de 100% do RCC gerado, o que poderia gerar dezenas de postos de trabalho, além de oportunizar renda para retirar dezenas de famílias da linha da pobreza.

Se não bastasse a importância econômica e social da triagem e reciclagem de RCC, conforme dados apresentados pela ATT, não se pode esquecer também da importância ambiental, com a redução de áreas de passivo ambiental, hoje utilizadas irregularmente como depósito de tais resíduos.

Conforme análise do próprio Núcleo Permanente de Gestão do Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos de Construção Civil de Cuiabá, os dados do Quadro 3 demonstram o desempenho predominantemente negativo da destinação adequada de RCC, indicando a necessidade de ações efetivas de educação ambiental e fiscalização integrada

da SMTU e SMADES. Essas ações possibilitariam a ampliação do atual índice de triagem na ATT de Cuiabá.

O descarte descontrolado ou muitas vezes clandestino desses materiais é deixado em zonas urbanas, acarretando a degradação de vias públicas, bem como a saturação de aterros sanitários isso pode vir a constituir problemas econômicos e ambientais, como, por exemplo, o assoreamento de córregos e rios, bueiros e galerias de águas pluviais entupidos, proliferação de insetos e outros animais transmissores de doenças (COSTA, 2006).

O vocábulo reciclagem, que vem do inglês *recycle* (*re* = repetir, e *cycle* = ciclo) surgiu no final da década de 1980, quando foi constatado que as fontes de petróleo e de outras matérias primas não renováveis estavam se esgotando rapidamente, e que havia falta de espaço para a disposição dos rejeitos na natureza. A expressão. A reciclagem é uma maneira de aproveitar detritos, utilizando-os da mesma maneira como eram usados anteriormente ou passando a ter outra função (FAVINI, 2009).

O beneficiamento é ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-lo de condições que permitam que seja utilizado como matéria-prima ou produto (NBR 15116:2004). Conforme a norma NBR15116:2004, o agregado reciclado define-se como um material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civis que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infraestrutura.

A cadeia produtiva da construção civil apresenta impactos ambientais significativos em todas as etapas do seu processo, desde a extração de matérias-primas, produção de materiais até a execução da obra, uso e, futuramente, o processo de demolição. O esgotamento dos recursos naturais e a poluição, através da geração de resíduos, podem ser considerados como os impactos ambientais mais significativos e com consequências mais nocivas ao meio ambiente (CEF, 2001).

De acordo com os indicadores de 2017 publicados pela Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso (SEPLAN), a taxa percentual de domicílios particulares permanentes com lixo coletado diretamente no ano de 2015 corresponde a 81,56%, enquanto, em 2005, esse índice era de 71,86%.

De acordo com o relatório publicado em 2015, a ABRECON trouxe estatísticas voltadas à reciclagem de RCC no cenário nacional brasileiro. Dentre os dados levantados, pode-se destacar que, das 105 usinas de reciclagem que participaram da pesquisa, apenas 1% se concentra no estado de Mato Grosso. A mesma organização ainda aponta que o real número de empresas que realizam processamento e reaproveitamento de RCC é maior do que o citado acima, porém não foi possível a coleta dos dados para incluí-las em tal relatório.

A alternativa para amenizar os impactos ambientais é a reciclagem desses resíduos (RCC e materiais descartados por fábricas), utilizando-os como agregado artificial na confecção de tijolos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida a partir de referência bibliográfica que, segundo Fachin (2003, p.125) refere-se ao “conjunto de conhecimentos reunidos nas obras, tendo como base fundamental conduzir o leitor a determinado assunto e à produção, coleção, armazenamento, reprodução, utilização e comunicação das informações coletadas para o desempenho da pesquisa”.

Dessa maneira, o estudo ateve-se às referências teóricas constituídas principalmente de livros, artigos científicos, periódicos, dissertações de mestrado e endereços especializados na internet que asseguraram ao pesquisador condições de obter e analisar informações, como também proporcionaram maior reflexão e conhecimento acerca do tema abordado.

3.1 Área estudada

Para atingir os objetivos da pesquisa, os materiais usados como referência foram classificados, coletados e transportados da empresa Eco Ambientais. Os agregados reciclados da construção civil e de demolição foram armazenados em tambores no laboratório do Departamento da Área da Construção Civil do (IFMT), no mês de agosto de 2019.

Para realizar os ensaios conforme normas da ABNT, visando a produção dos tijolos prensados com os agregados de resíduos da construção civil e demolição, foram analisadas as possibilidades da utilização do material em questão para a produção.

3.2 Sobre a Eco Ambiental

A Eco Ambiental é uma empresa concessionária da Prefeitura Municipal de Cuiabá, que, desde 2010, presta um importante papel de sustentabilidade ao meio ambiente. No recebimento dos resíduos da construção civil do tipo CLASSE A, a empresa tria e recicla os resíduos gerados no município de Cuiabá, em conformidade com as exigências da Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002). Figura 15.

Figura 15. Área de Estudos



Fonte: Google (2019).

Localizada na Rodovia Emanuel Pinheiro, Km 04 – no bairro Jardim Vitória, em Cuiabá – MT, busca solucionar o problema de procedimentos hoje realizados com a separação dos materiais que chegam pelas caçambas com resíduos da construção civil, possibilitando o reaproveitamento de partes destes descartes. Por meio de guias de Controle de Transporte de Resíduos (CTR) devidamente preenchidas, aperfeiçoou procedimentos e, desta forma, vem resolvendo parcialmente de maneira eficiente o problema dos resíduos da construção civil gerados no município de Cuiabá.

Foram realizados levantamentos quantitativos de resíduos da construção civil no anuário 2019 e 2020, de acordo com as Tabelas: 08, 09, 10, 11 e 12. Não foi possível determinar a quantidade toneladas/dia de RCD descarregada no canteiro da empresa ao dia pelo motivo da empresa não possuir balança para realizar as pesagens. Vale ressaltar que a

Eco Ambiental não cobra a licença das empresas para liberar o descarte, porque não possui o poder de fiscalização.

Tabela 8. Quantidades de caminhões de bota fora com resíduo da construção civil que descarregam por dia:

Caminhões	Julho	Agosto	Setembro
No Mês	1588	1799	1912
Média Diária	72	81	86

Fonte: Arquivo da Empresa

Tabela 9. A estimativa mensal de resíduo da construção civil em m³ ao mês

Resíduos m³	Julho	Agosto	Setembro
No Mês	7789	9768	9755

Fonte: Arquivo da Empresa

Tabela 10. Empresas cadastradas e licenciadas que operam este serviço com a Eco Ambiental:

	2019	2020
Transportadores	392	340
Geradores	2640	1830

Fonte: Arquivo da Empresa

Tabela 11. Transportadores - Empresas da construção civil que mais utilizam o canteiro da Eco Ambiental para depositarem seus resíduos:

Transportador	2020
Bota Fora	17338,7
Armando Silva Araújo	9235
Mineiro Locação de Máquinas Eire li	6366
Pantanal Locadora de Caçambas Ltda-ME	5948
Masterflex Locação de Máquinas e Equipamentos Ltda-EPP	4227
Draga Santa Luzia Ltda.	4213
JV Lopes Construtora e Incorporadora-ME	3436
Locadora da Construção Ltda- EPP	3308
Papa Entulho	1878
MC Caçamba	1551
Prestador de Serviços – ME	1408
Josélio Lima dos Santos – JM Joga Fora Entulho Caçamba	1406
Brito Serviços de Terraplanagem Ltda – Santafé Serviços	1345
Cidade Limpa	1248
Bravo Locações de Caçambas	1222
Localíder Locação de Caçambas Eire li	1180
Adriano Caçambas	1170
Energisa Mato Grosso Distribuidora de Energia S.A	1109,5
Global Construções	1062
NDS Serviços e Locaçamba Eireli-ME	935

Fonte: Arquivo da Empresa

Tabela 12. Geradores - Empresas da construção civil que mais utilizam o canteiro da Eco Ambiental para depositarem seus resíduos:

Geradores	2020
Rodobens Incorporadora	3274
Energisa Mato Grosso Distribuidora de Energia S.A	2734,5
Upper	2136
Felicitá	2099
MVR Prime Proj MT (Parque Chapada Boulevard)	1364
Gerencial Empreendimentos Calabria SPE Ltda	1248
Soul	1165
Gerencial Empreendimentos Villagio Aria SPE	1104
RNI Incorporadora Imobiliária 448 Ltda	1087
Imobiliária Paiaguais	996
MRV Incorporadora (Chapada dos Pinhais)	909
Concremax Concreto Engenharia e Saneamento Ltda (Beira Rio)	849
Yanagawa Engenharia Eireli ME	782
Essenza	782
MRV Prime Proj MT A02 (Chapada dos Ipês)	749
Folha Jardim	733
PB Brasil Indústria e Comércio de Gelatinas Ltda	729,7
Iguatemi Arbo	684
Rivera D'Itália	659
Todimo Materiais para Construção (Carmino de Campos)	650

Fonte: Arquivo da Empresa

3.3 Componentes dos tijolos

3.3.1 Cimento

Cimento é um pó fino que, em contato com água, tem a propriedade de unir firmemente diversos tipos de materiais da construção. Depois de endurecido, ele não decompõe mais, mesmo que seja submetida novamente à ação da água.

Cimento é o nome popular do produto cujo nome técnico é cimento Portland, como foi batizado há mais de 150 anos pelo seu inventor Joseph Aspdin devido à semelhança da sua cor com as pedras da ilha de Portland (Inglaterra), muito usada nas construções da época (MYRRHA, 2003). No Brasil, vários estudos sobre cimento vêm sendo executados, principalmente a partir do início dos anos 1960.

Mais recentemente, um impulso maior foi dado para a elaboração dos métodos de ensaios, procurando abranger todas as propriedades dos cimentos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas estabelece características exigíveis aos vários tipos de cimento utilizados corretamente no país. (ANDRIOLO, SCANDIUZZI, 1986).

Nesta pesquisa, o cimento utilizado na realização do ensaio dos tijolos foi o CP II Z 32 – NBR 16697 (ABNT, 2018). Esse produto pode ser usado no preparo de argamassas de assentamento, revestimento, argamassa armada, concreto simples, armado, protendido, projetado, rolado, magro, concreto-massa, elementos pré- concreto, solo-cimento, dentre outros como moldados e artefatos de concreto, pisos e pavimentos.

Esse material é constituído de um pó fino, com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes que endurecem sob a ação de água, em sua dosagem. Embora se destaque por fornecer durabilidade e resistência, trata-se de um dos materiais mais caros no traço e por isso seu consumo sempre deve ser menor. Os componentes principais do cimento Portland são: óxido de cálcio livre (CaO), óxido de sílcio (SiO₂), óxido de alumínio (Al₂O₃), óxido de ferro (Fe₂O₃), óxido de magnésio (MgO), óxido de cálcio (CaO) e trióxido de enxofre (SO₃). As principais características físicas e mecânicas foram estudadas a partir de ensaios realizados no laboratório de construção civil do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT), e os valores estão apresentados abaixo na Tabela 13.

Tabela 13. Caracterização física e mecânica do cimento

Características e propriedades		NBR	Unidade	Resultado
Finura (resíduo na peneira 75 μm)		11579:2013	%	3,7
Área de Blaine		16372:2015	m^2/kg	367
Tempo de início e fim de pega	Início de pega	16607:2018	h	2h 15min.
	Fim de pega		h	4h 30min
Perda ao fogo		NM 18:2012	%	0,37
Massa específica		16605:2017	Kg/dm^3	3,25
Expansividade a frio e a quente	Frio	11582:2016	mm	2,06
	quente		mm	3,68
Resistência à compressão	3 dias de idade	7215:2019	MPa	18,00
	7 dias de idade		MPa	27,00
	28 dias de idade		MPa	42,00

Fonte: Elaborado pelo pesquisador (2021)

3.3.2 Água

Quase todas as águas naturais são apropriadas para amassamento. Porém, é necessário ter precaução quanto às águas de pântano e as de rejeito industrial, valendo destacar que a água do mar é inadequada para misturas cimentícias devido à corrosão provocada pelo teor de sal. O teor de água do concreto fresco é dado pela relação água/cimento, isto é, pela relação em peso água/cimento.

Nesse estudo com um teor de argamassa de 51% a relação água/cimento encontrada foi de 1,48.

Para a realização da mistura no processo de fabricação do tijolo com resíduo da construção civil, foi utilizada água limpa das torneiras do laboratório da construção civil localizado no IFMT – Campus Cuiabá, para que não apresentasse danos ao processo de hidratação do cimento e, consequentemente, visando evitar determinada patologia.

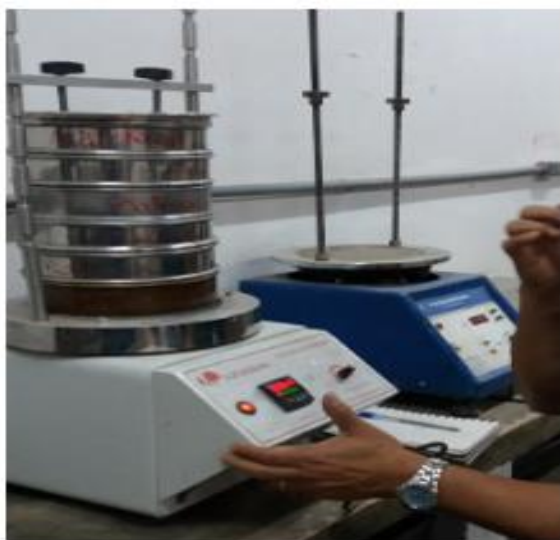
3.3.3 Os Agregados

O agregado miúdo reciclado, utilizado na fabricação dos tijolos, passou na peneira com abertura de malha quadrada 4,75mm e ficou retido na peneira 75 μ m.

Para o desenvolvimento de confecção dos tijolos, foram realizados ensaios de caracterização dos agregados, com o intuito de classificar todo o material utilizado. Os ensaios utilizados para a caracterização foram:

A especificação do RCC (resíduo da construção civil) foi realizada conforme a norma NBR 7211 (ABNT, 2019), a qual afirma que a distribuição que constitui os agregados, geralmente, é expressa em termo de porcentagens individuais ou acumuladas retidas em cada das peneiras da chamada série normal ou intermediárias, e sua grandeza é associada à distribuição granulométrica dos agregados correspondentes à abertura nominal, em milímetros, de malha da peneira da série normal e intermediária. Ensaio realizado de acordo com a Figura 16.

Figura 16. Determinação da composição granulometria através de um sistema de peneiras.



Fonte: Do Autor (2021)

Nesse ensaio, foram realizadas 3 amostras de 1kg de cada material, e a determinação da composição granulométrica foi definida com base na norma NBR NM 248

(ABNT, 2003). O peneiramento das amostras foi realizado de forma mecânica em agitador de peneiras com velocidade compreendida a 60 rpm com duração de 30 min, sendo que esse processo foi realizado para cada amostra ensaiada.

Além das amostras naturais ensaiadas com o material recolhido direto do britador, foi efetuada a granulometria do material das porcentagens de empacotamento, conforme Figura 16.

3.3.3.1 Agregados - determinação do teor de argila em torrões de materiais friáveis.

Para a execução deste ensaio, foram separadas 3 amostras, sendo uma de 200 g, 1 kg e 2 kg, as quais foram selecionadas após peneiramento, conforme prescrito na Tabela 14.

Tabela 14. Intervalos Granulométricos e Massa Mínima de Amostra Para Ensaios.

Intervalos granulométricos a serem ensaios mm	Massa mínima de amostra para ensaio de cada intervalo granulométrico g
$\geq 1,18$ e $< 4,74$	200
$\geq 4,75$ e $< 9,5$	1 000
$\geq 9,5$ e $< 19,0$	2 000
≥ 19 e $< 37,5$	3 000
$\geq 37,5$	5 000

Fonte: ABNT – NBR 7218, (ABNT, 2010)

3.3.3.2 Massa Específica e Massa Específica aparente

Norma Mercosul NM 52 (ABNT, 2009) – agregado miúdo – determinação da massa específica e massa específica aparente.

O ensaio consistiu em adotar uma massa inicial do material, deixar saturando imerso em água por 24h. Passado esse período, retirou-se a água em excesso e espalhou-se o material em uma bandeja maior, com o intuito de a amostra atingir o estado de saturado

com superfície seca. Tal condição era verificada ao moldar um tronco de cone e adensando com 30 golpes, recorrendo a diversas tentativas até chegar à condição desejável.

A partir dessa etapa, adotaram-se duas amostras do material de 500g cada, colocou-as nos frascos Erlenmeyer e anotou-se o peso do conjunto. Em seguida, acrescentou-se água ao conjunto, determinando sua massa novamente. Por fim, a amostra foi para secagem em estufa até obter constância de massa, permitindo, assim, atingir fins do ensaio.

3.3.3.3 *Massa específica aparente do agregado seco*

3.3.3.3.1 *Massa específica aparente*

É a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis, de acordo com a equação 1 e 2.

$$d_i = \frac{m}{(V - V_a)} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

d_i, é a massa específica aparente do agregado seco, em gramas por centímetro cúbico;

m, é a massa da amostra seca em estufa, em gramas;

V, é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

V_a, é o volume de água adicionada ao frasco, de acordo com a seguinte fórmula, em centímetros cúbicos.

$$v_a = \frac{m_2 - m_1}{\rho_a} \quad \text{Equação 2}$$

Onde;

m₁, é a massa do conjunto (frasco + agregado) , em gramas;

m₂, é a massa total (frasco + agregado + água) , em gramas;

ρ, é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

3.3.3.3.2 *Massa específica*

É a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis. Equação 3

Calcular utilizando a seguinte Equação

$$d_3 = \frac{m}{(V - V_a) - \frac{m_s - m}{\rho_a}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

d_3 , é a massa específica do agregado, em gramas por centímetros cúbicos;

m , é a massa da amostra seca em estufa, em gramas;

V , é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

V_a , é o volume de água adicionado ao frasco, em centímetros cúbicos;

m_s , é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas;

ρ_a , é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

3.3.3.4 ABNT NBR 30 (ABNT, 2001) Agregado miúdo – Determinação da absorção de água

O ensaio consistiu em adotar uma massa inicial do material, deixar saturando imerso em água por 24h. Passado esse período, retirou-se a água em excesso, e espalhou-se o material em uma bandeja maior, com o intuito de a amostra atingir o estado de saturado com superfície seca. Tal condição era verificada ao moldar um tronco de cone e adensando com 30 golpes, após diversas tentativas até chegar à condição desejável. Feito isso, adotaram-se duas frações de 500g do material como amostragem. As amostras foram colocadas em estufa para secagem até constância de massa, e, após resfriamento, foi determinada sua massa. Equação 4.

$$a = \frac{m_2 - m_1}{\rho_a} \quad \text{Equação 4}$$

onde:

a é a absorção total, em porcentagem;

m_1 é média das massas dos 3 corpos-de-prova secos em estufa, em gramas;

m_2 é média das massas dos 3 corpos-de-prova saturados, em gramas;

3.3.3.5 Reação Álcali-Agregado (RAA), NBR 15577-4: (ABNT, 2009) E ASTM C-1260- (2014)

A Reação Álcali-Agregado, comumente conhecida pela sigla RAA, é uma reação química entre alguns constituintes presentes em certos tipos de agregados e componentes alcalinos que estão dissolvidos na solução dos poros do concreto. Quando ocorrem, provocam fissurações em componentes construtivos como concreto, expondo as armaduras a processos de oxidação.

Tem-se observado um número cada vez maior de reações químicas entre o agregado e a pasta de cimento hidratada que o envolve. A reação mais frequente ocorre entre os constituintes de sílica ativa do agregado e os álcalis do cimento Portland. Esse fenômeno, conhecido como reação álcali-sílica, se manifesta através da expansão, fissuração, “pipocamentos” e exsudação de um líquido fluido viscoso álcali-silicoso. Esse processo acarreta a perda de resistência, elasticidade e durabilidade do produto que está sendo produzido. (COSTA, 2006).

Para a ocorrência da RAA, faz-se necessário a presença conjunta de alguns componentes. São estes: agregado reativo, umidade ambiente elevada e alta concentração de hidróxido alcalino nos poros do concreto ou argamassa.

Existem muitos métodos de ensaio visando à detecção da presença de RAA (reação álcali-agregado) tanto em campo como em laboratório.

Esses métodos podem detectar previamente a reatividade de agregados frente aos hidróxidos de sódio ou potássio presentes na pasta de cimento hidratada.

A reação álcali-sílica começa com o ataque dos minerais silicosos do agregado pelos hidróxidos alcalinos resultantes dos álcalis do cimento. Com isso, um gel de álcali-silicato é formado nos poros dos agregados (local onde está presente a sílica) ou na superfície das partículas. No último local, cria-se uma zona de alteração superficial característica, levando à destruição da aderência entre o inerte e a pasta de cimento que o envolve (NEVILLE, 1997). Esse gel tende a absorver água e, ao se expandir, gera tensões

internas que podem levar à expansão, fissuração e desagregação do produto que está sendo produzido ou do concreto. Parte do gel relativamente mole e posteriormente lixiviado pela água é depositado sobre as fissuras formadas pelo inchamento dos agregados.

Dependendo do tempo, da temperatura e do tamanho das partículas, METHA & MONTEIRO (1994) consideram como agregados reativos a álcalis todos os silicatos ou minerais de sílica, sílica hidratada ou amorfa, mesmo um grande número desses minerais reagindo num grau insignificante.

É consenso em todo o mundo que a prevenção a esse tipo de reação é a melhor alternativa, já que é tecnicamente inviável interrompê-la. Portanto, a adoção de medidas sistemáticas de prevenção vem, atualmente, evitando a ocorrência dessa patologia, com a utilização de materiais pozolânicos (TÉCHNE, 2011).

Em vários estudos, dentre os quais se destaca o de Favini & Costa (2009), que utilizaram agregados reciclados de telha cerâmica em concretos. Os autores concluíram que esse tipo de agregado não apresenta reação álcali-agregado com os hidróxidos alcalinos existentes no cimento, considerando, no entanto, que os agregados reciclados telha cerâmica (ARTC), dessa pesquisa são provenientes dos agregados reciclados da construção civil.

Os agregados foram avaliados quimicamente, objetivando conhecer suas propriedades diante da possibilidade de ocorrer reações do tipo álcali-agregado.

Tais características foram avaliadas por meio do método acelerado de determinação da expansão em barras de argamassas, segundo a NBR 15577- 4, (ABNT, 2009) e ASTM C-1260 (2014).

3.3.3.6 Determinação de Atividade Pozolânica com Cimento Portland – NBR 5752, (ABNT, 2014).

A pozolanicidade de um material pode ser avaliada por métodos químicos e físico-mecânicos e pela sua microestrutura.

Atribuí-se a presença dos materiais cerâmicos na composição do agregado, em particular nos finos, a atividade pozolânica constatada nos materiais confeccionados com reciclados (LEITE, 2001; LEVY, 1997; LIMA, 1999).

Os materiais cerâmicos utilizados na construção civil são produzidos em temperaturas bem variáveis, porém, dentro da mesma faixa empregada na fabricação de pozolanas artificiais entre 500° e 900°C. Assim, podem possuir uma estrutura cristalina que chegue a apresentar certa atividade pozolânica em presença do hidróxido de cálcio e dos demais produtos provenientes da hidratação do cimento (LEITE, 2001).

O acréscimo na resistência também pode ser atribuído a possíveis partículas de cimento não hidratadas presentes na superfície do agregado. MONTGOMERY (1998, apud LEITE, 2001) salienta que há a probabilidade da existência dessas partículas em grãos com diâmetros menores que 0,15mm.

A produção de cimentos com base em pozolanas implica a sua mistura com uma fonte de cálcio. Em termos práticos, as pozolanas são misturadas com cimento Portland ou cal hidratada. As misturas com cimento Portland propiciam maior resistência inicial, uma vez que a hidratação da fração clínquer fornece resistência nas primeiras idades. Com a cal hidratada, o crescimento da resistência é mais lento, exigindo cura mais longa e levando a menores resistências, devido, inclusive, à área específica elevada da cal hidratada que exige maior quantidade de água de amassamento.

Os ensaios químicos foram realizados nos laboratórios de Construção Civil do Departamento de Área de Construção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT).

3.4 Métodos de Dosagem Experimental

3.4.1 Empacotamento de Partículas Experimental

Após a classificação do RCC em diferentes granulometrias, foi realizado o empacotamento experimental (O'REILLY DÍAZ, V.A, 2005), adaptado por (COSTA, 2006). Foram misturados quatro grupos granulométricos em diferentes porcentagens até

obter a determinação da combinação com a maior massa unitária compactada e, consequentemente, menor índice de vazios, objetivando o desenvolvimento dos traços do micro-concreto experimental.

A análise dos resultados levou em consideração a Tabela 15, elaborado com base nos resultados obtidos nos ensaios. O objetivo da análise foi determinar quais composições atingiriam as exigências ditadas pelas normas de blocos de concreto definidas, inicialmente, na pesquisa, conforme as NBR 6136 (ABNT, 2016) e NBR 12118 (ABNT, 2014), e quais não obtiveram êxito.

A combinação a utilizada foi 35/20/30/15, advinda de resíduo de construção (cimento: miúdo direto do britador: grão empacotado), cujo índice de vazios é 37,25%, e a massa unitária compactada foi 2,76 g/cm³, sendo os traços experimentais:

Traço (1:7) = 1:2,45:1:4:2,1:1,05 (cimento: miúdo direto do britador: grão empacotado)

Traço (1:9) = 1:3,15:1,8:2,7:1,35 (cimento: miúdo direto do britador: grão empacotado)

Traço (1:11) = 1:3,85:2,2:3,30:1,65 (cimento: miúdo direto do britador: grão empacotado)

Traço (1:20) = 1:7,04:0:6,0:3,0 (cimento: miúdo direto do britador: grão empacotado);

Tabela 15. Empacotamentos Experimentais (%)

Pó do Britador	Retido na # 6,3 mm	Retido na # 4,8 mm	Retido na # 2,4 mm	Massa Específica (g/cm ³)	Massa Unitária Solta (g/cm ³)	Massa Unitária Compactada (g/cm ³)	Índices de Vazios (5)
15	30	20	35	2,24	1,21	1,34	40,20
30	15	35	20	2,63	1,41	1,63	37,98
35	20	30	15	2,76	1,5	1,73	37,25
20	35	15	30	2,57	1,35	1,55	39,53

Fonte: Do Autor (2021)

Devido ao material caracterizado na pesquisa ser insuficiente para produção dos blocos, optou-se pela produção de tijolos prensados com os mesmos resíduos, porém com granulometria de agregado miúdo, direto do britador.

3.4.2 Fabricações dos Tijolos

Para fabricação dos tijolos, utilizou-se o método do Prof. Paulo Helene & Terzian (1993), adaptados por Costa, (2006).

Trata-se do proporcionalmente adequado dos materiais constituintes – cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água e eventualmente aditivos – atendendo as características básicas do estudo de dosagem, com base nos requisitos de obra e de projeto. Na determinação do teor de argamassa ideal, usa-se o traço, ou seja, testar os teores de argamassa crescentes até identificar o teor que resulta na trabalhabilidade desejada com boa coesão do concreto, sem exsudação e sem segregação.

No estudo foram escolhidos os traços: 1:7; 1:9; 1:11 e 1:20 em volume, respectivamente cimento e agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil (RCC) retirado direto do britador sem separação dos seus componentes (cerâmica, argamassa, concreto entre outros materiais).

Na escolha dos traços levaram-se em conta os traços usualmente utilizados nas empresas de artefatos de cimento com agregados de origem natural. Traços: fraco, médio e forte para fabricação de tijolos.

Os procedimentos utilizados na fabricação dos tijolos foram: o agregado retirado da empresa em estudo direto do britador, adição do cimento e água, com relação água/cimento de 1,48 com teor de argamassa de 51%, para formar a massa (farofa) nas proporções dos traços em volume 1:7 em volume e em massa: (1:3,08:3,92); 1:9 em volume e em massa (1:4,1:4,9); 1:11 em volume e em massa (1:4,61:6,39) e 1:20 em volume e em massa (1:9,71:10,29), respectivamente: cimento e agregado de resíduo da construção civil, (conforme Figuras 17, 18 e 19). Nessa etapa, os tijolos foram estudados nas idades de 7, 14 e 28 dias e, na fase final da pesquisa, os tijolos foram avaliados na idade de 180 dias. Os tijolos possuem as seguintes dimensões: 250 mm de comprimento 125 mm de largura e 62,5 mm de altura.

Para prensagem dos tijolos, utilizou-se uma prensa hidráulica em que foram fabricados 12 tijolos para cada idade.

A cura dos tijolos ocorreu em câmara úmida coberta com lona preta por um período de 07 dias, sendo molhado uma vez ao dia, conforme as informações técnicas da NBR-8492, (ABNT, 2012).

Figura 17. Mistura de materiais para moldagem



Fonte: Do Autor (2021)

Figura 18. Processo de moldagem dos tijolos



Fonte: Do Autor (2021)

Figura 19. Câmara úmida para realização da cura dos tijolos



Fonte: Do Autor (2021)

3.5 Propriedades físicas dos Tijolos no estado endurecido

Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica de acordo com a Norma brasileira NBR 9778 (ABNT, 2009) - Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

3.5.1 Absorção água por imersão

A absorção de água por imersão é o procedimento que faz com que a água tende a se conduzir para os poros permeáveis de determinado corpo poroso com o intuito de preenchê-los. Equação 5 e Figura 20.

$$A = \frac{M_{sat} - M_s \times 100}{M_s} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

AA = Absorção de água por Imersão

Msat = Massa do corpo-de-prova saturado

Ms = Massa do corpo-de-prova seco em estufa

Figura 20. Determinação de Ensaio de Absorção.



Fonte: Do Autor (2021)

3.5.2 Índice de vazios

Como não há previsão de cálculo do índice de vazios (Equação 6) e da porosidade (Equação 7) nas normas de solo-cimento, no presente trabalho utilizaram-se os parâmetros determinados por PINTO (2016). Como a massa específica dos grãos de solo e dos grãos de cimento já foram determinadas em outros ensaios, alternativamente o índice de vazios pode ser determinado sem necessidade da balança hidrostática, conforme demonstrado nas equações:

$$e_{rec} = \frac{(1 + p)}{\delta_{rec-c} \left(\frac{1}{\delta_{rec}} + \frac{p}{\gamma_c} \right)} \quad (\text{índice de vazios}) \quad \text{Equação 6}$$

$$n_{rec} = \left[1 - \frac{\delta_{rec-c} \left(\frac{1}{\delta_{rec}} + \frac{p}{\gamma_c} \right)}{(1 + p)} \right] \times 100\% \quad (\text{porosidade}) \quad \text{Equação 7}$$

Dados:

P – Proporção de cimento em relação ao agregado reciclado – (RCC) seco, grama.

δ_{rcc-c} = Massa específica aparente do RCC (Resíduo da Construção Civil) mais cimento, g/cm³

δ_{rcc} – Massa específica do agregado reciclado (RCC), g/cm³

γ_c – Massa específica do cimento, g/cm³

(ϵ_{rcc-c}) = Índice de vazios do agregado reciclado – (RCC) com cimento

(n_{rcc-c}) = Porosidade do agregado reciclado – (RCC) com cimento

3.5.3 Massa Específica em g/cm³

A massa específica é a relação entre a massa seca do material e o volume total, incluindo todos os poros permeáveis e impermeáveis, e a massa específica real é a mesma relação, excluindo os poros permeáveis. Equação 8.

$$\rho_s = \frac{M_s}{M_{sat} - M_i} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

ρ_s - massa específica seca

m_{sat} - massa do corpo de prova saturado

m_s - massa do corpo de prova seco em estufa

m_i - massa do corpo de prova saturado, imerso em água

3.5.4 Massa específica da amostra saturada em g/cm³

Calcular a massa específica da amostra saturada após fervura (ρ_{sat}) pela seguinte Equação 9.

$$\rho_{sat} = \frac{M_{sat}}{M_{sat} - M_i} \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

ρ_{sat} – massa específica da amostra saturada

M_{sat} – massa do corpo de prova saturado

M_i – massa do corpo de prova saturado, imerso em água

3.5.5 Massa específica real em g/cm³

Calcular a massa específica real da amostra (ρ_r), pela Equação 10:

$$\rho_r = \frac{M_s}{M_s - M_i} \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

ρ_r – massa específica real

M_i – massa do corpo de prova saturado, imerso em água

M_s – massa do corpo de prova seco em estufa

3.5.6 Determinação da absorção da água por capilaridade

A NBR 9779 (ABNT, 2012), prescreve o método para determinação da absorção de água, através da ascensão capilar, de argamassa e concreto endurecidos. A absorção de água por capilaridade deve ser expressa em g/cm² e calculada dividindo o aumento de massa pela área da seção transversal da superfície do corpo-de-prova em contato com a água, de acordo com a seguinte equação (11), e Figura 21.

A absorção de água por capilaridade é calculada de acordo com a Equação 11.

$$C = \frac{M_{sat} - M_s}{S} \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

C é a absorção de água por capilaridade, expressa em gramas por centímetro quadrado (g/cm²);

m_{sat} é a massa saturada do corpo de prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante um período de tempo especificado, expressa em gramas (g);

m_s é a massa do corpo de prova seco, assim que este atingir a temperatura de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$, expressa em gramas (g);

S é a área da seção transversal, expressa em centímetros quadrados (cm²)

Figura 21. Determinação de Ensaio de Absorção da Capilaridade



Fonte: Do Autor (2021)

3.5.7 Resistência mecânica à compressão simples

Define-se a resistência de um material como a sua capacidade de resistir à tensão sem ruptura em um corpo de prova.

Ensaio de resistência à compressão simples dos tijolos ecológicos de acordo com a NBR 8492, (ABNT, 2012). Para o rompimento, os tijolos deverão estar com as faces planas, o que é feito capeando as faces com pasta de cimento Portland de consistência plástica, com espessura mínima de 3mm.

Todos esses procedimentos foram realizados para a obtenção de um micro concreto suficientemente homogêneo e compacto, cuja avaliação será conforme a fabricação dos tijolos de agregados reciclados da construção. Figura 22 e 23.

Figura 22. Tijolos capeados prontos para rompimentos



Fonte: Do Autor (2021)

Figura 23. Processo de rompimento dos tijolos



Fonte: Do Autor (2021)

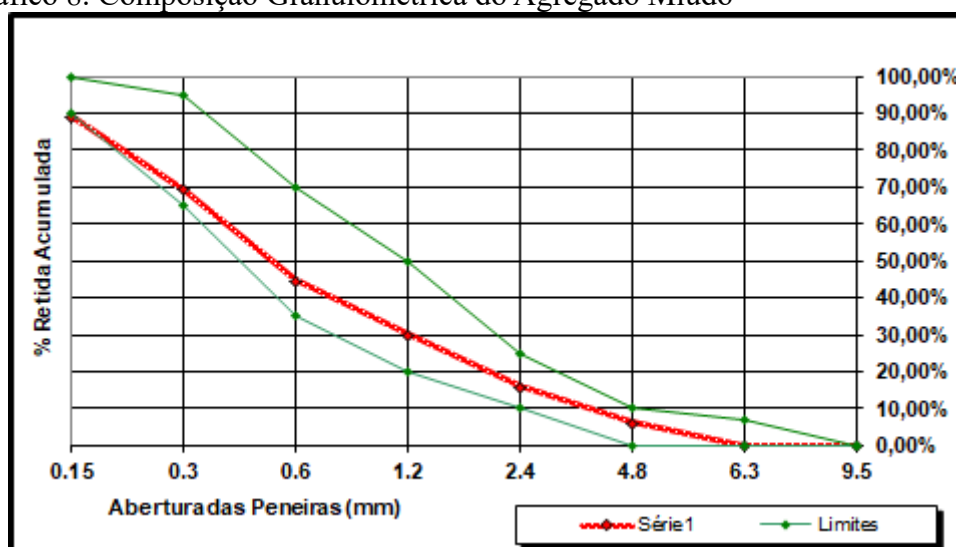
4 RESULTADOS

4.1 Resultados das Propriedades Físicas dos Agregados

4.1.1 Determinação da Composição Granulométrica

Esse ensaio foi realizado de acordo com a NBR NM 248: (ABNT, 2012). No Gráfico, 08 são representados os resultados dos ensaios de caracterizações dos agregados reciclados da construção civis e demolições (RCD), utilizadas na pesquisa para produção dos tijolos. Trata-se da curva granulométrica do agregado miúdo.

Gráfico 8. Composição Granulométrica do Agregado Miúdo



Fonte: Do Autor (2021)

Nota: Diâmetro máximo: 6,3 mm. Módulo de finura: 2,55

4.1.2 Resultado da Massa Específica do Agregado Miúdo

As massas específicas foram determinadas segundo a Norma MERCOSUL NM 52 (ABNT, 2009) – agregado miúdo – determinação da massa específica e massa específica aparente, o resultado encontrado para os ensaios da massa específica aparente do agregado seco foi $1,35 \text{ g/cm}^3$, e a massa específica do agregado saturado foi $3,78 \text{ g/cm}^3$, e a massa específica foi $3,34 \text{ g/cm}^3$.

Segundo estudo da literatura quanto à **massa específica** podem-se classificar os agregados em **leves, médios e pesados**.

Leves: $M.E. < 2,0 \text{ t/m}^3$

Médios: $2,0 < M.E. < 3,0 \text{ t/m}^3$

Pesados: $M.E. > 3,0 \text{ t/m}^3$

Nesse estudo podemos classificar o agregado como pesado devido à diversidade de materiais existente na mistura.

4.1.3 Determinação do Teor de Torrões de Argila

O ensaio para determinação do teor de torrões de argila e materiais friáveis foi realizado de acordo com que estabelece a NBR 7218: (ABNT, 2010). Na Tabela 16, constam os percentuais encontrados do agregado miúdo reciclado dos resíduos sólidos da construção civil e demolição respectivamente exigida pela NBR 15116 (ABNT, 2004). Pode-se observar que a média do teor de torrões de argila e materiais friáveis para o resíduo miúdo ficou acima do exigido pela norma brasileira. Isso pode ter sido influenciado pelas características do material que apresenta em sua composição grande parcela de material cerâmico, alvenaria, concretos e outros, e ainda podem ter ocorrido falhas no processamento de trituração e moagem do material, e isso pode ser outro fator contribuinte para esse resultado. Analisando a média dos resultados dos ensaios para o agregado miúdo reciclado, é possível observar que a porcentagem de teor de torrões de argila e materiais friáveis não atendeu ao parâmetro de 2% aceitável pela norma brasileira.

Tabela 16. Teor de torrões de argila.

Passante	Retido	Amostra Ensaída	Peneira depois/lavagem da amostra	Amostra Peneirada Seca	Amostra Retida em %
4,75	1,18	200 g	600	175,09 g	12%

Fonte: Do Autor (2021)

4.2 Avaliação Química

4.2.1 Reação Álcali-Agregado (RAA)

O ensaio para a Reação Álcali-Agregado (RAA) – NBR 15577-4 (ABNT, 2018) e ASTM-14, consistiram em preparar uma argamassa contendo os agregados reciclados de telha cerâmica (ARTC), e o cimento Portland CP V, que possui alta concentração alcalina para acelerar o processo das barras de argamassa nas condições do ensaio diante dos limites da exposição estabelecida pela norma de 0,19%.

O traço utilizado para a argamassas foi o 1: 2,25 (aglomerante: ARTC) e uma relação água/cimento igual a 0,47 (NBR 15577-4, (ABNT,2018). As quantidades necessárias para moldagem de três barras para cada argamassa, e as granulometrias utilizadas dos ARTC estão, respectivamente, transcritas na Tabela 17.

Tabela 17. Granulometria requerida do material para ensaio

Porcentagem de Materiais (agregados)		
Peneiras	Percentagem (%)	Percentagem (%)
4,8 mm e 2,4 mm	10	99
2,4 mm e 1,2 mm	25	247,5
1,2 mm e 0,600 mm	25	247,5
0,600 mm e 0,300 mm	25	247,5
0,300 mm e 0,150 mm	15	148,5
Cimento: Portland CP V		
Materiais cimentícios		Agregados reciclados
Traço		1: 2,25
Relação equivalente água/cimento		0,47
Comprimento nominal da barra (mm)		285

Fonte: Do Autor (2021)

A argamassa foi misturada manualmente e depois foram moldados os corpos de prova, confeccionadas três barras prismáticas (Figura 24), de seção quadrada, com 25mm de lado e 285 mm de comprimento, com duas camadas adensadas com 20 golpes de soquete.

Figura 24. Moldagem das barras – Molde das Barras (A) e A Argamassa em Estado Fresco logo após a Dosagem (B)



Fonte: Do Autor (2021)

Os moldes foram colocados em câmara úmida por 24h e, em seguida, foram desmoldadas e colocadas submersas em água destilada a 80°C por outras 24h. Figura 25.

Figura 25. Banho Térmico de Solução de NaOH1N – 80°C. Utilizado Durante 28 dias de Ensaio



Fonte: Do Autor (2021)

Retiradas da água, foi feita leitura do comprimento inicial e, em seguida, submersas na solução de NaOH 1N (Hidróxido de sódio 1 Normal) a 80 °C.

Após a leitura inicial, foram efetuadas leituras nas idades de 16 e 30 dias, e três leituras intermediárias em cada período, como pode visualizar na Figura 26.

Figura 26. Relógio Comparador Utilizado no Momento da Leitura de Expansão de uma das Barras de Argamassas Ensaaiadas



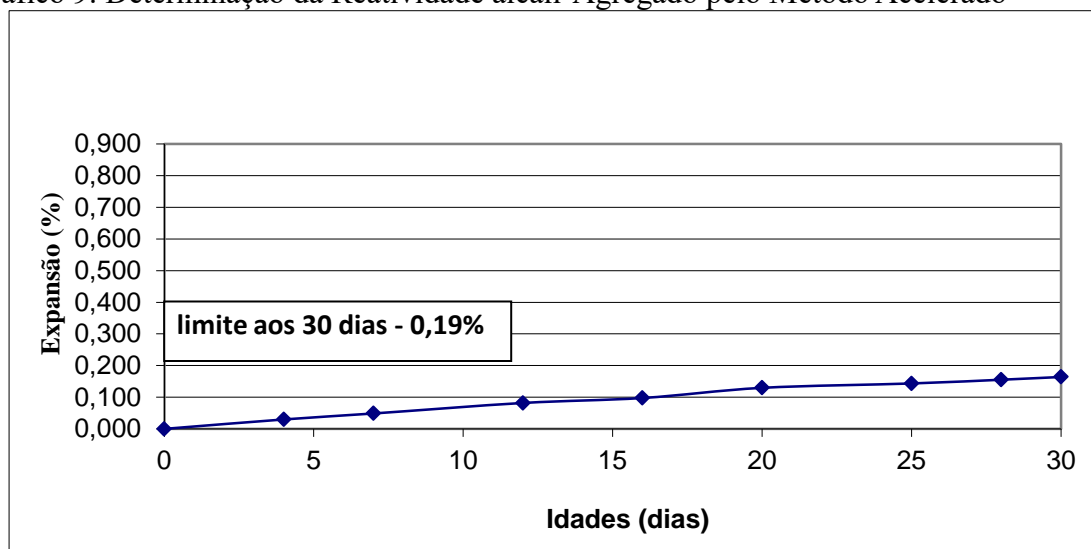
Fonte: Do Autor (2021)

Expansões inferiores a 0,10% aos 16 dias de idade indicam um comportamento inócuo do agregado na maioria dos casos; expansões superiores a 0,10% e inferiores a 0,20% aos 16 dias de idade indicam um comportamento potencialmente reativo; expansões superiores a 0,20% aos 16 dias de ensaio indicam um comportamento reativo do agregado, ASTM C-1260-14.

Conforme a Norma da ABNT NBR 15577- 4 (ABNT, 2018) quando o resultado do ensaio de álcali-agregado pelo método acelerado indicar o limite de expansão for menor de 0,19% aos 30 dias de cura em solução alcalina, o agregado reciclado é considerado potencialmente inócuo para uso em concreto.

Conforme o resultado apresentado no Gráfico 9, a porcentagem da expansão das barras aos 16 dias foi de 0,098 % e aos 30 dias foi de 0,164 %.

Gráfico 9. Determinação da Reatividade álcali-Agregado pelo Método Acelerado



Fonte: Do Autor (2021)

Expansão (%) 16 dias	= 0,098
Expansão (%) 30 dias	= 0,164

Conforme a Norma da ABNT NBR 15577-4 (ABNT, 2018) e ASTM C-1260-14, os resultados apresentados no Gráfico 09 e na investigação acima, conclui-se que o agregado reciclado do resíduo da construção civil (RCC) tem predisposição para uso na indústria da construção civil.

4.2.2 Determinação de Atividade Pozolânica com Cimento Portland

Nas literaturas pesquisadas sobre os agregados reciclados da construção civil, para Determinação de Atividade Pozolânica com Cimento Portland, NBR 5752 (ABNT, 2014), vários autores fazem referências às atividades pozolânicas das partículas mais finas, manifestadas na presença de componentes de cal e cimento. Para constatar essas propriedades, foi providenciado o ensaio que determina o Índice de Atividade Pozolânica com o cimento.

Trata-se de um método físico para determinar o índice de Atividade Pozolânica, que se realiza misturando duas partes do material fino do Agregado Reciclado; uma parte de cimento numa argamassa composta com 9 partes em massa de areia normal, observando-se a adição de água para que a argamassa atinja uma consistência de 225 ± 5 mm.

Após a moldagem em corpos-de-prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura, as argamassas são submetidas à cura por 28 dias, sendo que as primeiras (24 ± 2) horas devem ficar a uma temperatura de $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$. e posteriores devem ser mantidas a temperatura de $(55\pm 2)^{\circ}\text{C}$ até aproximadamente 5 horas antes dos ensaios de compressão.

A NBR 12653 (ABNT, 2014), que especifica às exigências químicas e físicas para que um material seja considerado como uma pozolana.

Na presente pesquisa foi utilizada a investigação do material com cimento aos 28 dias. Conforme Tabela 18 e Figuras 27, 28, 29 e 30.

Tabela 18. Quantidades em massa necessárias para a moldagem de três corpos-de-prova cilíndricos

Material	Massa necessária (g)	
	Argamassa (A)	Argamassa (B)
Cimento Portland – CP V	312	202,8
Material Pozolânico	-	92,82
Areia normal	936	936

Fonte: Do Autor (2012)

Figura 27. Moldagem dos Corpos de Prova Cilíndricos



Fonte: Do Autor (2021)

Figura 28. Corpos de Prova Cilíndricos – Desmoldados



Fonte: Do Autor (2021)

Figura 29. Ensaio de Rompimentos dos corpos de cilíndricos (bloco A) – DACC/ Campus Cuiabá/ IFMT



Fonte: Do Autor (2021)

Figura 30. Ensaio de Rompimentos dos corpos de cilíndricos (bloco B) – DACC/Campus Cuiabá/ IFMT



Fonte: Do Autor (2021)

Quadro 5. Resultados da Resistência à Compressão dos Ensaio de Rompimentos dos corpos de provas cilíndricos

Tensão média argamassa A (MPa)	18,76
Tensão média argamassa B (MPa)	11,32
Índice de atividade pozolânica com cimento (%)	60,33
Água requerida argamassa A (ml)	200
Água requerida argamassa B (ml)	203
Água requerida (%)	101,5

Fonte: Do Autor (2021)

No Quadro 5, verificou-se que de acordo com a NBR 12653, (ABNT, 2015), que prescreve o índice de atividade pozolânica com cimento aos 28 dias, em relação ao controle, é 75 % mínimo, portanto, o valor de 60,33% encontrado não satisfaz o previsto na referida norma, em relação a amostra em estudo.

Como pode se observar analisando os resultados, houve uma menor evolução de resistência para a argamassa B em relação a argamassa A, e desta forma, obteve-se para argamassa com adição pozolânica uma menor resistência à compressão aos 28 dias.

4.3 Resultados das Propriedades no estado endurecido

4.3.1 Resultados da Resistência à Compressão Simples dos Tijolos

A avaliação da resistência à compressão simples foi determinada de acordo com a NBR 8492, (ABNT, 2012), no que diz respeito à fabricação de Tijolos ecológicos de Solo-Cimento com Utilização de Prensa Manual ou Hidráulica - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Norma normatizada que serve como parâmetro para tijolos ecológicos.

A resistência foi realizada com (06) unidades de tijolos por idade (aos 7,14,28 e 180 dias), e a média dos valores será expressa em MPa. De acordo com a Tabela 19 e Gráfico 10.

Verifica-se na Tabela 19 e Gráfico 10, que os resultados encontrados estão de acordo a norma NBR 8492, (ABNT, 2012), que preconiza aos 7 dias de idade limites de resistência para tijolos individuais $\geq 1,7$ e com média de resistência ≥ 2 MPa.

Os tijolos ecológicos fabricados com agregados de resíduos da construção civil, encontram aos 7 dias:

Traço 1:7, média 4,25 MPa;

Traço 1:9, média 3,8 MPa;

Traço 1:11, média 2,88 MPa;

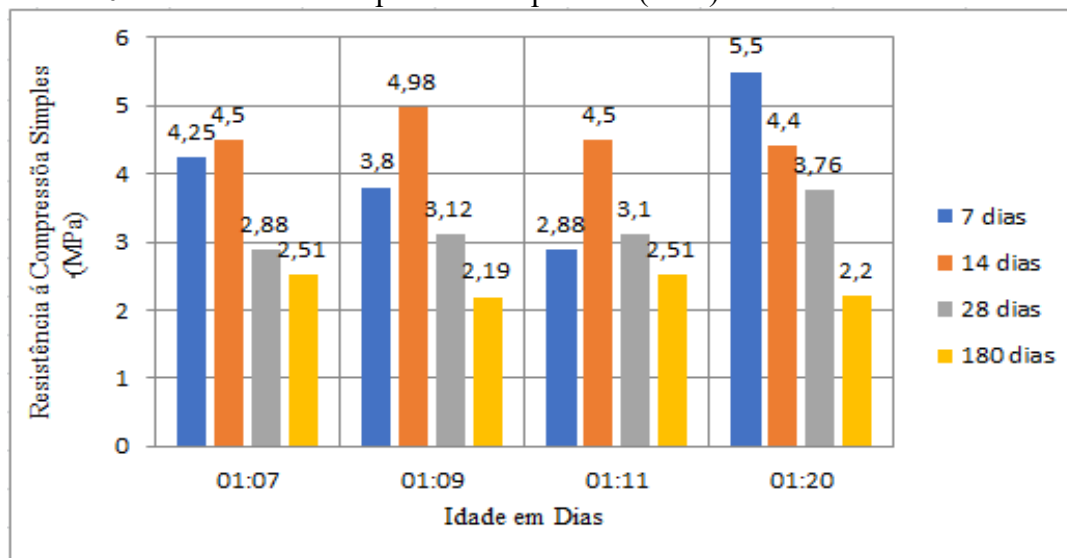
Traço 1:20, média 2,51 MPa.

Tabela 19. Resistência à compressão em MPa – NBR 8492 (ABNT, 2012)

Idades	Traço 1:7	Desvio Padrão (%)	Traço 1:9	Desvio Padrão (%)	Traço 1:11	Desvio Padrão (%)	Traço 1:20	Desvio Padrão (%)
7 dias	4,25	0,94	3,8	0,17	2,88	0,13	2,51	0,199
14 dias	4,5	0,17	4,98	0,24	3,12	0,71	2,19	0,23
28 dias	4,75	0,25	4,5	0,62	3,1	0,55	2,51	0,103
180dias	5,503	0.169	4,4	0,109	3,76	0,186	2,2	0,186

Fonte: Do Autor (2021)

Gráfico 10. Resistência à Compressão Simples em (MPa)



Fonte: Do Autor (2021)

Verifica-se na Tabela 19 e Gráfico 10, que os resultados encontrados estão de acordo a norma NBR 8492, (ABNT, 2012), que preconiza aos 7 dias de idade limites de resistência para tijolos individuais $\geq 1,7$ e com média de resistência ≥ 2 MPa.

Os tijolos ecológicos fabricados com agregados de resíduos da construção civil, encontram aos 7 dias:

Traço 1:7, média 4,25 MPa;

Traço 1:9, média 3,8 MPa;

Traço 1:11, média 2,88 MPa;

Traço 1:20, média 2,51 MPa.

Os resultados apresentados foram satisfatórios atendendo aos objetivos da NBR 8492, (ABNT, 2012), para a resistência e compressão axial simples. Constatou-se que os tijolos fabricados com cimento e agregados de resíduos da construção civil (RCC), embora absorvam muita água mostram-se resistentes e não apresentaram fissuras em sua estrutura.

Observou-se, ainda, que os tijolos em estudo fabricado com agregados reciclados da construção civil, tem predisposição para serem utilizados na construção de habitação sem função estrutural.

4.3.2 Resultados da massa específica, absorção de água por imersão e índice de vazios – NBR 9778 (ABNT, 2009)

4.3.2.1 Absorção de água por imersão

De acordo com a NBR 8492, (ABNT, 2012): - Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio, a absorção média de água não deve ser superior a 20%, nem apresentar valores individuais superiores a 22%.

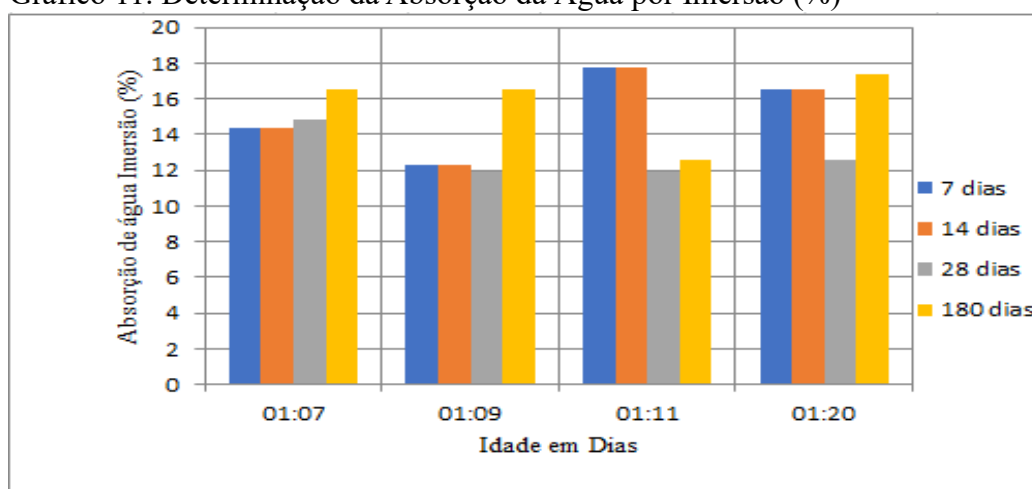
Os resultados para os ensaios de absorção de água por imersão encontram-se na Tabela 20 e Gráfico 11.

Tabela 20. Determinação da Absorção de Água por Imersão (%)

Traços	7 dias	14 dias	28 dias	180 dias
1:7	14,40	14,40	14,87	15,01
1:9	12,26	12,26	11,91	16,64
1:11	17,79	17,79	11,95	16,21
1:20	16,57	16,57	12,53	17,37

Fonte: Do Autor (2021)

Gráfico 11. Determinação da Absorção da Água por Imersão (%)



Fonte: Do Autor (2021)

Os resultados obtidos para os ensaios de absorção de água por imersão conforme a Tabela 20 e Gráfico 11 estão em conformidade com a NBR 8492, (ABNT, 2012), que preconiza que os valores médios e individuais, não deve ser superior a 20%, nem apresentar valores individuais superiores a 22%.

4.3.2.2 Índice de vazios e porosidade

De acordo com PINTO (2016), o cálculo do índice de vazios e da porosidade apresentou resultado conforme a Tabela 21.

Tabela 21. Estudo do Índice de Vazios

Traço	P (RCC)	δ_{rcc-c}	δ_{rcc}	γ_c	Índice de Vazios (ercc-c)	Porosidad e % (nrcc-c)
1:3,08:3,92 (1:7)	437,5	1,79	2,76	3,25	<u>0,81</u>	44,9
1:4,1:4,9 (1:9)	350	1,79	2,76	3,25	0,81	44,9
1:4,61:6,3 (1:11)	291,67	1,79	2,76	3,25	0,81	44,9
1:9,71:10,29 (1:20)	166,67	1,79	2,76	3,25	0,81	44,9

Fonte: Do Autor

Dados:

P – Proporção de cimento em relação ao agregado reciclado – (RCC) seco, grama.

δ_{rcc-c} = Massa específica aparente do RCC (Resíduo da Construção Civil) mais cimento, g/cm³.

δ_{rcc} – Massa específica do agregado reciclado (RCC), g/cm³.

γ_c – Massa específica do cimento, g/cm³.

(ercc-c) = Índice de vazios do agregado reciclado – (RCC) com cimento

(nrcc-c) = Porosidade do agregado reciclado – (RCC) com cimento

Os agregados reciclados de resíduo da construção civil (RCC) são heterogêneos e possuem uma porosidade mais elevada que os agregados de rochas tradicionalmente empregados na construção civil.

Quanto ao índice de vazios a literatura aborda que para agregado leve o índice de vazios é menor ou igual a 13%.

4.3.2.3 Resultado da massa específica de acordo com a NBR 9778 (ABNT, 2009)

4.3.2.3.1 Massa específica seca

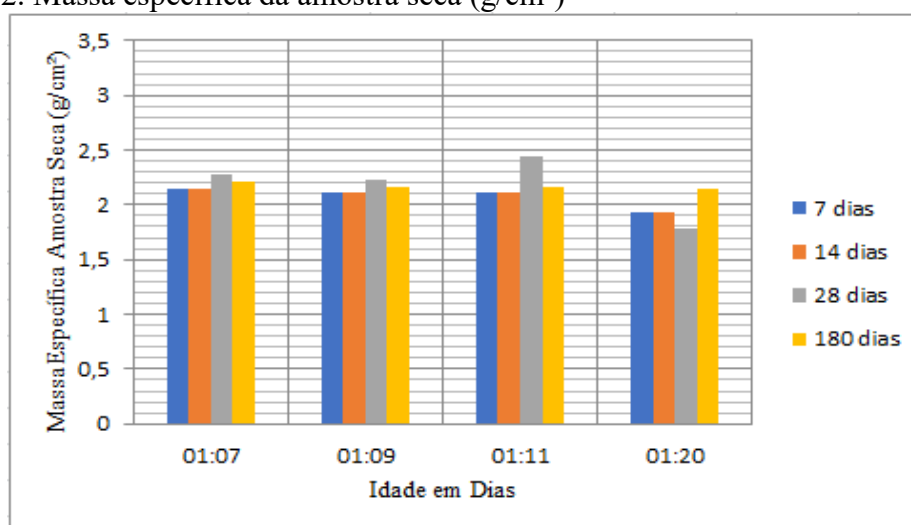
Os resultados apresentados da massa específica da amostra seca, massa específica da amostra saturada e massa específica real, estão demonstrados nas Tabelas 22, 23 e 24 e nos Gráficos 12, 13 e 14.

Tabela 22. Determinação da massa específica da amostra seca (g/cm^3)

Traços	7 dias	14 dias	28 dias	180 dias
1:7	2,15	2,15	2,27	2,22
1:9	2,11	2,11	2,23	2,16
1:11	2,12	2,12	2,44	2,17
1:20	1,94	1,94	1,78	2,14

Fonte: Do Autor (2021)

Gráfico 12. Massa específica da amostra seca (g/cm^3)



Fonte: Do Autor (2021)

De acordo com a Tabela 22 e o Gráfico 12 podemos observar que a massa específica do tijolo seco em todos os traços foi maior que comumente encontrado para os tijolos de solo-cimento que normalmente é de $1,86 \text{ g/cm}^3$, conforme estudos da literatura, fato ocorrido devido à diversidade dos materiais que compõem o agregado do resíduo da construção civil, nas misturas deste estudo. Os valores encontrados acompanham as massas específicas de diversos materiais cimentícios que depois de secos possuem massa específica compreendida entre 2.000 kg/m^3 e 2.800 kg/m^3 . O conhecimento deste dado é importante para dimensionar a estrutura da construção.

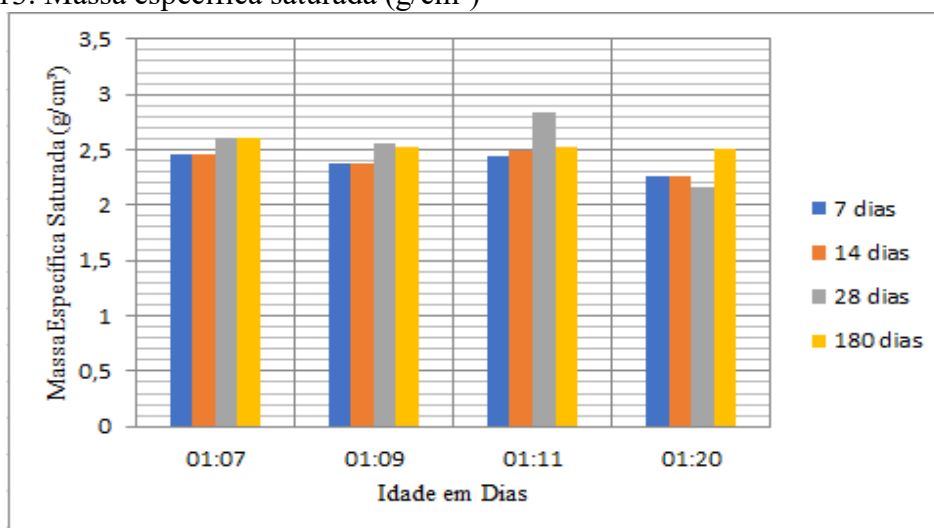
4.3.2.3.2 Massa específica da amostra saturada

Tabela 23. Massa específica da amostra saturada (g/cm^3)

Traços	7 dias	14 dias	28 dias	180 dias
1:7	2,46	2,46	2,6	2,6
1:9	2,37	2,37	2,55	2,53
1:11	2,5	2,5	2,8	2,53
1:20	2,26	2,26	2,16	2,51

Fonte: Do Autor (2021)

Gráfico 13. Massa específica saturada (g/cm^3)



Fonte: Do Autor (2021)

Em relação à massa do tijolo na condição saturada, mas com a superfície seca, e o seu volume, excluídos os vazios permeáveis, que são descontinuidades diretamente ligadas

à superfície externa do agregado e que, na condição saturada superfície seca, são passíveis de reter água, os resultados estão compatíveis devido, o agregado utilizado ser totalmente de origem de reciclado, possuindo uma camada de argamassa aderida ao mesmo, o que lhe confere uma maior porosidade.

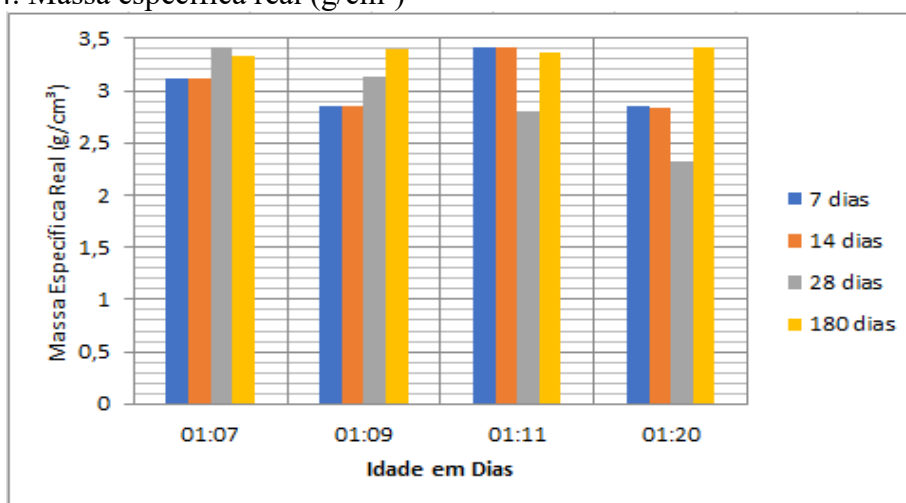
4.3.2.3.3 *Massa específica real*

Tabela 24. Massa específica real (g/cm^3)

Traços	7 dias	14 dias	28 dias	180 dias
1:7	3,12	3,12	3,42	3,33
1:9	2,85	2,85	3,13	3,4
1:11	3,41	3,41	2,80	3,36
1:20	2,85	2,84	2,31	3,41

Fonte: Do Autor (2021)

Gráfico 14. Massa específica real (g/cm^3)



Fonte: Do Autor (2021)

Observando o resultado da Tabela 24 e o Gráfico 14, que a mistura dos agregados proporcionou resultados compatível com a massa específica dos agregados.

4.3.3 Absorção de água por capilaridade

Para determinação da absorção de água por capilaridade foi realizado o ensaio previsto na norma - NBR 9779 (ABNT, 2012). Os resultados estão apresentados pelos valores médios, conforme as Tabelas 25, 26, 27 e 28 e nos Gráficos 15, 16, 17 e 18.

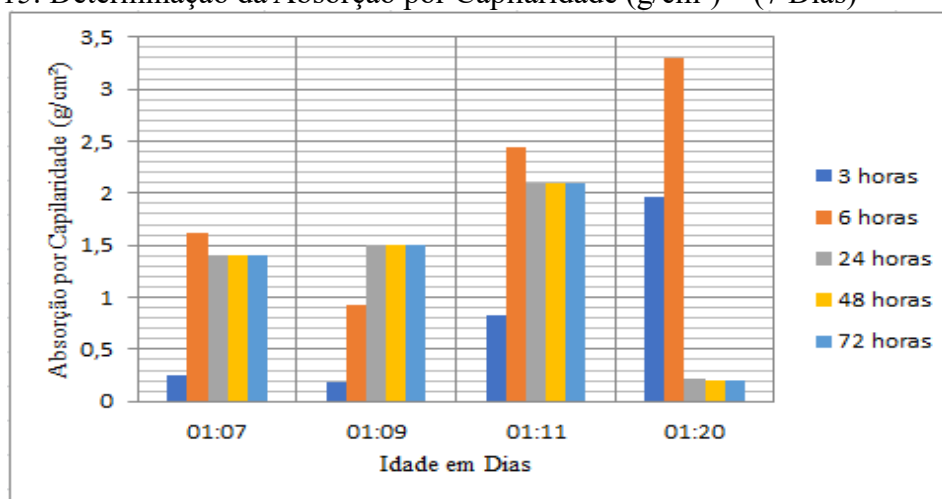
Na Tabela 25 e Gráfico 15, encontram-se os resultados da absorção por capilaridade após 3h, 6h, 24h, 48h, 72 horas de acordo com a NBR 9779 (ABNT, 2012), pelo método de teor de argamassa após 7 dias.

Tabela 25. Absorção por capilaridade em (g/cm^2) aos 7 dias

Porcentagem 51%	Absorção por Capilaridade g/cm^2				
	3 h	6 h	24 h	48 h	72 h
Traço 1:7	0,25	1,62	1,4	1,4	1,4
Traço 1:9	0,18	0,93	1,5	1,5	1,5
Traço 1:11	0,83	2,44	2,1	2,1	2,1
Traço 1:20	1,97	3,3	0,214	0,208	0,208

Fonte: do Autor (2021)

Gráfico 15. Determinação da Absorção por Capilaridade (g/cm^2) – (7 Dias)



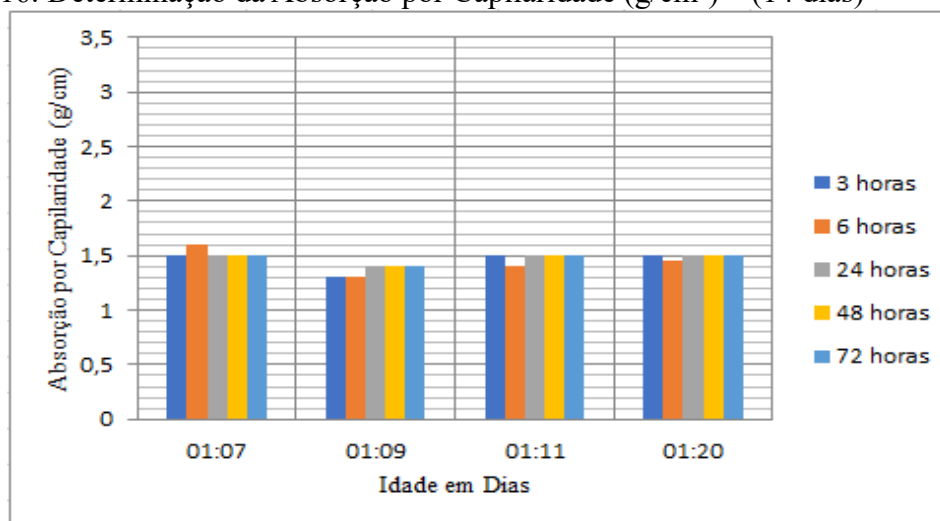
Fonte: Do Autor (2021)

Na Tabela 26 e Gráfico 16, encontram-se os resultados da absorção por capilaridade após 3h, 6h, 24h, 48h, 72 horas, de acordo com a NBR 9779, (ABNT, 2012), pelo método de teor de argamassa após 14 dias.

Tabela 26. Absorção por capilaridade em (g/cm²) aos 14 dias

Porcentagem 51%	Absorção por Capilaridade g/cm ²				
	3 h	6 h	24 h	48 h	72 h
Traço 1:7	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5
Traço 1:9	1,22	1,3	1,4	1,4	1,4
Traço 1:11	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5
Traço 1:20	1,5	1,45	1,5	1,5	1,5

Fonte: Do Autor (2021)

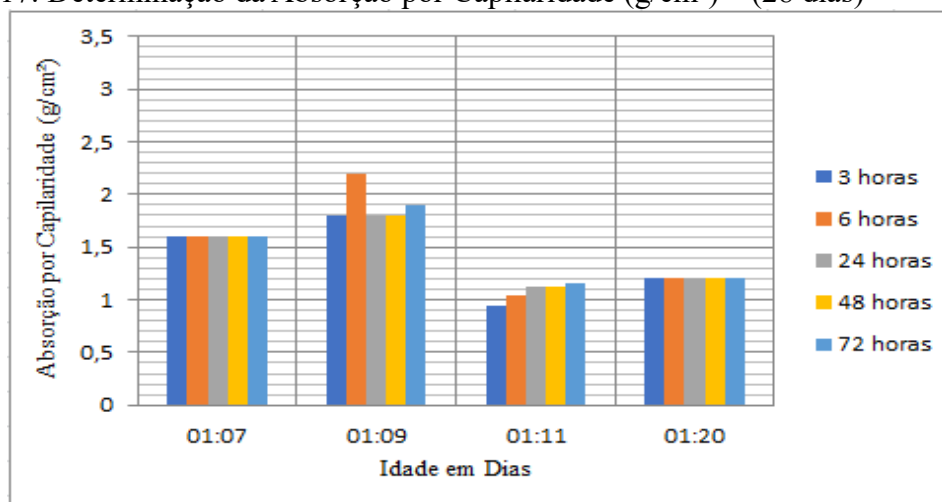
Gráfico 16. Determinação da Absorção por Capilaridade (g/cm²) – (14 dias)

Fonte: Do Autor (2021)

Tabela 27. Absorção por capilaridade em (g/cm²) aos 28 dias

Porcentagem 51%	Absorção por Capilaridade g/cm ²				
	3 h	6 h	24 h	48 h	72 h
Traço 1:7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Traço 1:9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9
Traço 1:11	0,94	1,04	1,13	1,13	1,15
Traço 1:20	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Fonte: Do Autor (2021)

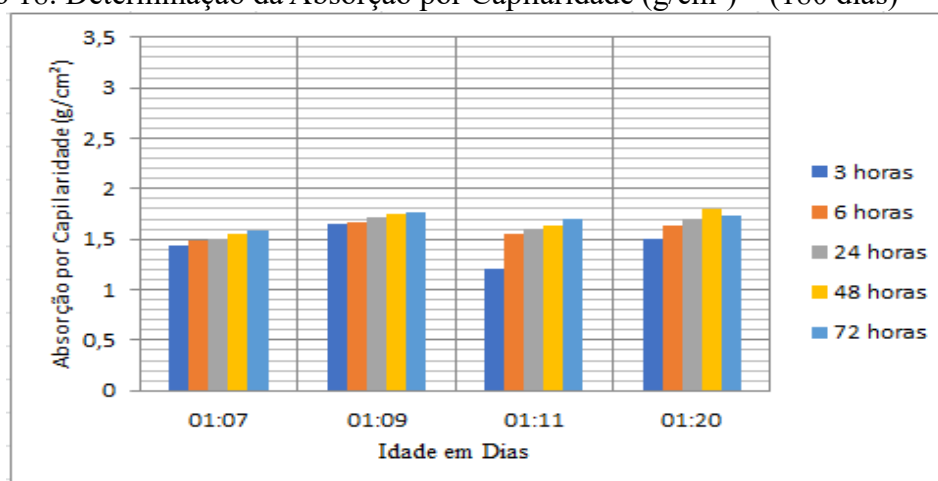
Gráfico 17. Determinação da Absorção por Capilaridade (g/cm^2) – (28 dias)

Fonte: Do Autor (2021)

Tabela 28. Absorção de água (em g/cm^2) aos 180 dias

Porcentagem 51%	Absorção por Capilaridade g/cm^2				
	3 h	6 h	24 h	48 h	72 h
Traço 1:7	1,44	1,48	1,51	1,56	1,59
Traço 1:9	1,65	1,66	1,71	1,75	1,77
Traço 1:11	1,2	1,55	1,6	1,63	1,7
Traço 1:20	1,5	1,63	1,7	1,8	1,74

Fonte: Do Autor (2021)

Gráfico 18. Determinação da Absorção por Capilaridade (g/cm^2) – (180 dias)

Fonte: Do Autor (2021)

Podemos inferir pelo resultado dos ensaios de absorção de água por capilaridade, que embora tenham sido elevados, sua resistência está compatível para os tijolos produzidos com agregado reciclado sem função estrutural para alvenaria de vedação.

4.4 Estudos da Viabilidade Econômica

No estudo da viabilidade econômica foi analisado apenas o custo do agregado reciclado frente ao agregado natural praticado hoje na cidade de Cuiabá – MT

Tabela 29. Planilha de Custos de Agregado Natural e Agregados Reciclados

AGREGADO NATURAL		
Itens	Unidade	Preço Unitário
Agregado graúdo – Brita BAG 01	m ³	R\$ 223,63
Agregado miúdo – Areia BAG 01	m ³	R\$ 198,00
AGREGADOS RECICLADOS		
Itens	Unidade	Preço
Aterro graúdo	m ³	R\$ 5,00
Aterro miúdo	m ³	R\$ 8,00
Areia reciclada	m ³	R\$ 15,00
Rachão	m ³	R\$ 5,00

Fonte: Do Autor (2021)

De acordo com a pesquisa realizada do preço praticado pelo comércio de Cuiabá – MT, podemos observar que o custo do agregado reciclado em relação ao agregado natural tem valores significativos.

Investir em Tecnologia utilizando o agregado reciclado, além de economia, emprego, diminuirá o impacto ambiental, sendo mais um avanço sustentável.

5 CONCLUSÕES

As conclusões apresentadas são fundamentadas nos resultados do estudo experimental adotado e nas condições experimentais realizadas.

A escolha do agregado reciclado dos resíduos sólidos da construção civil para a fabricação dos tijolos foi acertada, uma vez que não foram extraídos recursos naturais.

No ensaio de absorção do agregado reciclado RCC, ficou evidenciada a dificuldade que muitos pesquisadores encontram para realizar esse ensaio, em virtude de o elevado nível de absorção e maior porosidade, diferentes dos agregados naturais.

A heterogeneidade do material é responsável pelas dificuldades no controle de qualidade do uso do resíduo que, por sua vez, depende muito da qualidade da fonte geradora do resíduo.

Quanto a moldagens dos tijolos podemos levantar os seguintes dados:

O processo “artesanal” da mistura homogeneidade dos RCC com o cimento pode incorrer em falhas;

Os moldes metálicos da prensa hidráulica devem estar devidamente aquecidos para evitar a aderência ou a perda precoce de umidade pela mistura a ser moldada;

Apesar da capacidade de prensagem hidráulica de seis toneladas (segundo manual do fabricante), o comando incorreto (pelo operador) do dispositivo de movimentação do

pistão hidráulico pode produzir tijolos com espessuras diferentes, mais ou menos prensadas resultando em artefatos menos resistentes, mais porosos, etc.;

A forma inadequada da retirada do tijolo após a moldagem também pode provocar fissuras internas no tijolo, afetando os resultados nos ensaios de resistência à compressão;

A resistência mecânica obtida através do ensaio de resistência à compressão dos tijolos, conforme o método experimental adotado nessa pesquisa foi estabelecido pela norma NBR 8492 (ABNT, 2012), que determina valores individuais $\geq 1,7$ MPa, e para a média de resistência ≥ 2 MPa, com idade mínima de sete dias.

Na pesquisa os tijolos ecológicos fabricados com agregados de resíduos da construção civil encontram aos 7 dias, os seguintes resultados:

Traço 1:7, média 4,25 MPa;

Traço 1:9, média 3,8 MPa;

Traço 1:11, média 2,88 MPa;

Traço 1:20, média 2,51 MPa.

As diferenças nos resultados de ensaios de resistência à compressão apresentados num mesmo lote de amostras analisadas podem ser justificadas por falhas do tipo:

Fissuras internas ocorridas na retirada dos tijolos após a moldagem. Dependendo da pressão exercida pelas mãos do operador no momento da retirada do tijolo, podem ocorrer fissuras internas não detectáveis externamente;

Falhas no capeamento dos tijolos para a realização dos ensaios de resistência. A falta de paralelismo entre as faces capeadas, segundo a NBR 10833, (ABNT, 2012), pode influenciar o resultado do ensaio;

Os períodos de 7, 14, 28 e 180 dias foram suficientes para demonstrar os desempenhos mecânicos dos tijolos pesquisados, porém verifica-se que a partir de 180 dias a resistência dos tijolos diminui, porém, dentro dos limites normatizados.

Diante dessa constatação, conclui-se que a técnica é viável e, econômica. Ambientalmente, a associação desses resíduos na produção de tijolos que poderiam ser incorporados aos processos construtivos da cadeia produtiva da construção civil é uma forma de mitigar o déficit habitacional do país e dos descartes inadequados desses resíduos na natureza.

Como análise da viabilidade técnica e oportunidades na reutilização dos resíduos da construção civil, os tijolos de RCC representam uma alternativa em plena sintonia com as diretrizes do desenvolvimento sustentável. Como requerem baixo consumo de energia na fabricação dos tijolos, não há necessidade de extração da matéria-prima, dispensam o processo de queima e a emissão de poluentes na superfície terrestre.

Uma vez que os tijolos podem ser produzidos no próprio local da obra, outros aspectos a ser destacado é a possibilidade de racionalização do processo construtivo, por meio do uso de tijolos que possibilitam o uso das técnicas empregadas na alvenaria estrutural, proporcionando redução de desperdícios e diminuição no volume de entulho gerado. Desse modo, propiciam maior rapidez no processo construtivo, economia de materiais e de mão-de-obra, eliminam os rasgos nas paredes para a passagem de tubulações, visto que os tijolos possuem furos que ficam sobrepostos no seu assentamento e formam dutos por onde são passados os fios e as tubulações hidráulicas. Além disso, vale ressaltar que ainda há redução do consumo de argamassas de assentamento e de regularização.

O sucesso da reciclagem depende da habilidade de reutilização do resíduo no processo de origem como substituto de algum material: da habilidade de utilização como matéria-prima ou externa à planta e: da habilidade de segregar materiais recuperáveis e valiosos.

A otimização de resíduos é um conceito novo de gerenciamento que envolve qualquer técnica, processo ou atividade que permite evitar, eliminar ou reduzir o resíduo na sua fonte, reusar ou reciclar os resíduos para vários propósitos. Desta forma, esta metodologia deve ser incorporada aos sistemas produtivos visando o fortalecimento industrial e o meio ambiente cada vez mais equilibrado.

Para fazer melhor uso dessa tecnologia, as características de agregados oriundos de Resíduo da Construção Civil (RCC) devem ser constantemente estudadas.

REFERÊNCIAS

ALVES, D. H. C.; ISHII, F. M.; MORAIS, H. A. S.; HOFFMANN, H.; SILVA, S. R. C. M.; MARCHETTO, M. **Resíduos Sólidos mais que uma Questão Ambiental, uma Questão Social**. E&S - Engineering and Science, vol. 1, nº 3, 2015.

AMORIM, T.L; Santos, J. **Tijolos produzidos com o agregado de resíduos de construção civil (RCC) e agregados de resíduos da Tinta**. Trabalho de conclusão de curso (TCC). DACC. IFMT – Mato Grosso, 2017.

AMORIM, E. F.; QUEIROZ, H.S.de; RIBEIRO, L.F.M. **Avaliação de Resíduos de Construção e Demolição de Obras Associado a um Solo Laterítico para Aplicação em Camadas de Pavimentação** Asfáltica. In: XVI Congresso Ibero-latino-americano do Asfalto- XVI CILA, 2011, Rio de Janeiro- RJ. XVI Congresso Ibero-Latino-americano do Asfalto- Trabalho Técnicos. Rio de Janeiro- RJ: IBP, 2011. V.1.p. 102-112.

ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos**. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ÂNGULO, S. C. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. São Paulo-SP. 2001.

ARAÚJO, V. M. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. 2009. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR NM 18:2012 (ABNT, 2012). Cimento Portland – Análise química – Determinação de perda ao fogo.

_____. **NBR NM 30:2001 (ABNT, 2012)**. Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro; 2001.

_____. **NBR NM 52:2009 (ABNT, 2009)**. Agregado Miúdo – Determinação da Massa Específica e Massa Específica Aparente.

_____ **NBR NM 248:2003 (ABNT, 2003).** Determinação da Composição Granulométrica de Agregado Miúdo.

_____ **NBR 5752:2014 (ABNT, 2014).** Materiais Pozolânicos - Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias

_____ **NBR 8492:2012. (ABNT, 2012).** Tijolo de solo-cimento - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio.

_____ **NBR 9778:2009 (ABNT, 2009).** Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

_____ **NBR 9779:2012 (ABNT, 2012).** Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por capilaridade.

_____ **NBR 10.004: (ABNT, 2004)** Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004^a.

_____ **NBR 11579:2013 (ABNT, 2013).** Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200).

_____ **NBR 12653:2015 (ABNT, 2015).** Materiais Pozolânicos. Requisitos

_____ **NBR 15116:2004 (ABNT, 2004).** 2004 Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos, (ABNT, 2004b).

_____ **NBR 15270-1:2017 (ABNT, 2017).** Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos. 2017.

_____ **NBR 16352:2015 (ABNT, 2015).** Cimento Portland e outros materiais em pó. Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine).

_____ **NBR 16605:2017 (ABNT, 2017).** Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica.

_____ **NBR 16607:2018 (ABNT, 2018).** Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega.

_____ **NBR 10833:2013 (ABNT, 2013).** Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimentos.

BRASIL. LEI Nº 7.862. DE 19 DE DEZEMBRO DE 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. PODER EXECUTIVO, Cuiabá (MT), 2002.

BRASIL. LEI Nº 12.305. DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. REPÚBLICA, P. D. Brasília, 2010.

BRASIL. **LEI Nº 7.862. DE 19 DE DEZEMBRO DE 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. PODER EXECUTIVO, Cuiabá (MT), 2002.

BRASIL. **LEI Nº 12.305. DE 2 DE AGOSTO DE 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. REPÚBLICA, P. D. Brasília, 2010.

CABRAL, A.E.B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** 280p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CALDAS, T. C. DA C. **Reciclagem de resíduo de vidro plano em cerâmica vermelha.** Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. 2012.

CARNEIRO, A.P.; CASSA, J.C.S.; BRUM, I.A.S. **Reciclagem de Entulho para a Produção de Materiais de Construção.** Projeto entulho bom. EDUFBA; Caixa Econômica Federal. Salvador. 312 p. 1ª edição. 2001.

CARVALHO, E. M. **Resíduos sólidos da construção civil e desenvolvimento sustentável: modelo de sistema de gestão para Aracaju.** 2008. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008.

CAVALCANTI, C. Sustentabilidade: mantra ou escolha moral? Uma abordagem ecológico-econômica. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 35-50, 2012.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Conama nº 307, de 5 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes e procedimentos para a geração dos resíduos da construção civil.** Diário Oficial da União, Brasília, n. 136, p. 95-96, 17 jul. 2002.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução 307, de 5 de julho de 2002. **Diário Oficial de União (DOU)**, Brasília (DF), 5 jul. 2002.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 001, de 1986.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

CORRÊA, M. R. S., BUTTLER, A. M., RAMALHO, M. A. **Reciclagem de materiais de construção.** Artigo. PINI, TÉCHNE. 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/152/artigo286651-1.aspx>>.

COSTA, J. S. **Agregados alternativos para argamassa e concreto produzidos a partir da reciclagem de rejeitos virgens da indústria de cerâmica tradicionais.** Tese de doutorado em ciência e engenharia de matérias. São Carlos, 2006.

COSTA, J.S.; Santana, C. S. **Rejeito da indústria de cerâmica vermelha como agregado artificial para utilização na indústria da construção civil.** In: Congresso Brasileiro de

Concreto, 2008, Santos. 63Congresso Anual da ABM,2008.

COSTA, J. S. Alvenaria Produzida com Tijolos Oriundos de Rejeitos da Construção Civil. EDITAL Nº. 005/2008 - Componentes para Habitação de Interesse Social. CENTRO FEDERAL DE ENSINO TECNOLÓGICO DE MATO GROSSO

CURITIBA. Prefeitura Municipal. **Termo de referência para elaboração do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da construção Civil (PGRCC).** Curitiba, 2006.

DEGANI, C. M. Sistema de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios. 2003. 223p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DONDO, M. V. M. Avaliação da gestão de resíduos da construção civil em Cuiabá e Várzea Grande. Revista DAE, set/2017.

FARIA, K. C. P.; GURGEL, R. F.; HOLANDA, J. N. F. Influência da adição de resíduo de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha. Simpósio matéria, RIO DE JANEIRO, RJ. 2012

FAVINI, A.C., COSTA, J.S. Avaliação do concreto produzido com agregado de rejeito de telha cerâmica vermelha usada. Revista Proficiência. Nº 04 IFMT. 2009.

FAVINI, A.C; COSTA, J.S. Avaliação do concreto produzido com rejeito de telha cerâmica vermelha. In: 53º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2009, Guarujá. 53º

FERNANDEZ, J. A. B. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Brasília, 2012.

FROTA, C. A. DA., MELO, J. R. DE S. A situação dos resíduos sólidos oriundos da construção civil vertical na cidade de Manaus. Artigo. Fucapi. Manaus, 2014.

GASPARETO, M. G. T. Utilização de Resíduo de Construção Civil e Demolição (RCD) como Material não Plástico para a Produção de Tijolos Cerâmicos. Artigo. Universidade Estadual Paulista – UNESP. Presidente Prudente, SP. 2017.

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO. Caderno de Indicadores 2017. Secretaria de Estado de Planejamento. Disponível em: <http://www.seplan.mt.gov.br/documents/363424/5931254/CADERNO_INDICADORES_2017_14_02_2018.pdf/8637fa29-9dbc-bd70-587e-8c7f1d3d60a9>. Acesso em: 27/06/2018.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Manual de dosagem e controle do concreto. Pini. São Paulo, 1993. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br>>. Revista Exame. 11/02/20011 (acesso em 02/04/2012)

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/pesquisa/30/30051>>. Acesso em: 27/06/2018.

I&T, SEMINFE. **Diagnóstico Geral sobre Resíduos Sólidos da Construção Civil.** Elaborado em outubro/2006 pela consultoria Informações e Técnicas (I&T) /Secretaria Municipal de. Infraestrutura. Cuiabá/MT, 2006. Disponível em <http://Cuiaba.mt.gov.br/secretarias>. Acesso em 29 de novembro de 2011

INSTITUTO CENTRO DE CAPACITAÇÃO E APOIO AO EMPREENDEDOR. **Reutilização e reciclagem de resíduos da construção civil.** Belo Horizonte, MG. 2015.

JAILON, L.; POON, C. S., CHIANG, Y. H. **Quantifying the waste reduction potencial of using prefabrication in building construction in Hong Kong.** Waste Management, v. 29, p. 309-320, 2009.

JOHN, V.M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção.** In: CARNEIRO, A.P et al. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção.** Salvador: EDUFBA; 312 p.; 2001; p.27-45.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

LI, J; DING, Z.; MI, X.; WANG, J. **A model for estimating construction waste generation index for building Project in China.** Resources, Conservation and Recycling, v. 74, p. 20 -26, 2013

LLATAS, C. **A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list.** Waste Management, v. 31, p. 1261-1276, 2011.

LIMA, S.M; ALBUQUERQUE, A.C; SILVA, C.G. **Concreto autoadensável: Avaliação do efeito de resíduos industriais em substituição à areia** (Parte 1). In: 54º Congresso Brasileiro do Concreto; I Simpósio Latino-Americano sobre concreto autoadensável – I SILAMCAA 2012, Maceió/AL, 2012. Anais. CBC 2012.IBRACON, 2012.

LIMA, J. A. R. **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos.** Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. MATIAS, G. M. L. Argamassas de reabilitação com resíduos de cerâmica. 2014.

LOUREIRO, S. M.; PEREIRA, V. L. D. V.; PACHECO JUNIOR, W. A sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável na educação em engenharia. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, 2016.

MATIAS, G. M. L. **Argamassas de reabilitação com resíduos de cerâmica.** 341 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Civil da da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014.

MAYORGA, R. D. *et al.* **Os resíduos da construção civil e suas implicações socioambientais e econômicas na cidade de Fortaleza – CE.** In: SOBER, 47, 2009, Porto Alegre, 2009.

MOURA, C. A. M.; FREITAS, W. M. C.; REZENDE, G. B. M.; SILVA, R. B. **Gestão de Resíduos da Construção Civil no Município de Barra do Garças – MT**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campo Grande/MS – 27 a 30/11/2017.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NAIME; R.; ABREU, E. F.; ATTILIO, D. M. **Proposição para o Gerenciamento de Resíduos da Construção e Demolição de Cuiabá**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, v. 15 n. 15, p. 2902- 2911. UFSM, Santa Maria, 2013.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. Editora Pini, 738 p. São Paulo, 1997.

NETO, C. S. **Agregado para Controle**. In. :Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações São Paulo:IBRACOM,2005.

NPGPI - **Núcleo Permanente de Gestão do Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil e Volumosos de Cuiabá**. Nomeado por intermédio do Decreto Municipal no 5.101 de 21/11/2011.

O'REILLY DÍAZ, V.A. **Método para dosificar hormigón de elevado desempenho**. Instituto Mexicano del Cemento y del concreto. Notas de aula. 2005. Disponível em: <pt.wikipedia.org/wiki/reciclagem>. Acesso em 02/04/2012.

PEREIRA, A. L.; MAIA, K. M. P. **A contribuição da gestão de resíduos sólidos e educação ambiental na durabilidade de aterros sanitários**. Sinapse Múltipla, Betim, v. 1, n. 2, p. 68-80, dez. 2012. 13.

PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, J. L. R. **Manejo e Gestão dos Resíduos da Construção Civil**. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Brasília, 2005.

PINTO, E. S. **Solo-Cimento compactação: proposta de métodos de ensaio para dosagem e caracterização física e mecânica**. Dissertação de mestrado Universidade estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, artes e comunicação. Bauru, 2016.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Departamento de Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1999.

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. (Coord.) **Manejo e gestão dos resíduos da construção civil**. Volume 1 – Manual de orientação: como implementar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília: CAIXA, 2005. 194p. Brasília, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SINOP. **Lei Ordinária nº 2436, de 30 de maio de 2017**. Institui o sistema de gestão sustentável de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, nos termos da resolução do CONAMA Nº 448 DE 2012, e dá outras providências. GABINETE DA PREFEITURA MUNICIPAL SINOP, ESTADO DE MATO GROSSO. Em, 30 de maio de 2017. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/mt/s/sinop/leiordinaria/2017/243/2436/lei-ordinaria-n-2436-2017-institui-o-sistema-de-gestao-sustentavel-de-residuos-daconstrucao-civil-e->

resíduos-volumosos-nos-termos-da-resolucao-do-conama-n-448-de-2012-e-da-outrasprovidencias >. Acesso em: 29/08/2018.

REIS, S., SANTOS, J. **Sustentabilidade com artefato de cimento produzido com resíduo da Construção Civil – RCC e Pó de pedra**. 2013. 5º Seminário Mato-grossense de Habitação de Interesse Social. 2013.

RESENDE, J. A. L. C. **Gestão ambiental de Resíduos da Construção Civil: Um estudo de caso na cidade de Barra do Garças – MT**. V CONASUM – Congresso de Administração do Sul de Mato Grosso, 2017.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTOS, T. S. **Análise da gestão dos resíduos da construção e demolição no município de Muritiba/BA**. 2015. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015.

SANTOS, JUZÉLIA. **Avaliação da durabilidade de artefatos de cimento produzidos com os resíduos gerados no laboratório de materiais de construção do DACC e aplicados em instalações do campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva**. Edita nº 037/2018 Propes/Ifmt – chamada 2018/2019 Projetos de Pesquisa Aplicada e Bolsas de Iniciação Científica Cotas/Campus.

SCHNEIDER, D. M. **Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo**. 2003. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SCANDIUZZI, L. ANDRIOLO, F.R. **Controle e seus materiais**. In: Propriedades e ensaios São Paulo: Pini, 1986.

SIENGE. **Tudo sobre os resíduos sólidos da construção civil**. 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/residuos-solidos-da-construcao-civil/>>.

SILVA, R. L.; REZENDE, G. B. M.; CORREA NETO, M. V.; BARROSO, K. O.; YUAN, F.; SHEN, L.; LI, Q. **Emergy analysis of the recycling options for construction and demolition wast**. Waste Management, v. 31, n.11, p.2503-2511.2011.

YUAN, H. KEY. **Indicators for assessing the effectiveness of waste management in construction projects**. Ecological Indicators, v. 24, p.476-484.2013

YUAN, H.; SHEN, L. **Trend of the research on construction and demolition waste management**, v. 31, p.670-679.2011.

YUAN, H., CHINI, A. R.; LU, Y.; SHEN, L. **A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste**. Waste Management, v. 32, n. 3, p. 521-531.2012.

ZORDAN, S. E.; PAULON, V. A. **A utilização do entulho como agregado para concreto.** Resumo de defesa de tese de mestrado. 1997. Disponível em: < www.reciclagem.pcc.usp.br >.